

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta strojní**

**Katedra mechanické technologie**

**Studie povrchové úpravy skládkového jeřábu**

**Study of the Surface Treatment Waste Disposal  
Crane for operation of the Agglomeration**

**Student: Bc. Tomáš Konečný**

**Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.**

**Ostrava 2011**

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Tomáš Konečný**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie  
Téma: **Studie povrchové úpravy skládkového jeřábu**  
**Study of the Surface Treatment Waste Disposal Crane for Operation of the Agglomeration**

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rozbor současněho stavu povrchové úpravy skládkového jeřábu včetně agresivity korozního prostředí, ve kterém se jeřáb nachází.
2. Na základě rozboru současněho stavu navrhnete vhodnou povrchovou úpravu.
3. Navrhnete metodiku experimentálních prací.
4. Proveďte experimentální práce a jejich vyhodnocení.
5. Zpracujte technickou zprávu v rozsahu minimálně 35 stran.

Seznam doporučené odborné literatury:

MOHYLA, M.: *Technologie povrchových úprav kovů*. Učební texty VŠB – TU Ostrava, 2006. 3. vydání. 156 s. ISBN 80-248-1217-7.

ČSN EN ISO 12 944. *Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy*. Český normalizační institut, 1998, 1999, 2008.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011




  
prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.  
vedoucí katedry

  
prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

### **Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 10.5. 2011



Bc. Tomáš Konečný

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 10.5.2011



podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Tomáš Konečný

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Sosnová 377, Třinec 739 61

## **ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE**

KONEČNÝ, T. *Studie povrchové úpravy skládkového jeřábu: diplomová práce.* Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2011, 66 s. Vedoucí práce: Podjuklová, J.

Diplomová práce se zabývá studiem povrchové úpravy skládkového jeřábu ve společnosti Třinecké železárny, a.s., který nahradil jeden ze tří jeřábu na provozu aglomerace. V Úvodu práce jsou uvedeny základní informace o firmě, ve které mi bylo umožněno danou diplomovou práci zpracovávat. Následuje charakteristika jeřábu a stručný popis jeho jednotlivých komponentů včetně rozboru korozního prostředí, ve kterém se jeřáb nachází. Další část pojednává o návrhu povrchové úpravy. Součástí diplomové práce je také popis provedených prací a jejich vyhodnocení. Práci završuje závěrečná diskuze.

Klíčová slova: barva, jeřáb, nátěr, povrch, povrchová úprava.

## **ANNOTATION OF THESIS**

KONEČNÝ, T. *Study of the Surface Treatment Waste Disposal Crane for Operation of the Agglomeration: master Thesis.* Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2011, 66 s. Thesis head: Podjuklová, J.

This diploma thesis deals with the issue of coating of a dump crane in Třinec ironworks. This crane replaced one of the three cranes on the sintering plant. In the Introduction, there are presented basic information about the company, where I elaborated my diploma thesis. Then, the characteristics of the crane and the brief description of its individual components are introduced, including the analysis of corrosive environment, in which the crane operates. Next part deals with the suggestion on coating of the crane. This diploma thesis also includes description and evaluation of the work performed. The thesis ends in the final discussion.

Key words: paint, crane, painting, surface, coating.

# OBSAH

<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ .....</b>	<b>8</b>
<b>ÚVOD.....</b>	<b>9</b>
<b>1 POPIS SPOOOLEČNOSTI TŘINEKÉ ŽELEZÁRNY .....</b>	<b>10</b>
1.1 Historie .....	10
1.2 Základní informace .....	10
1.3 Strojírny Třinec, a.s.....	11
1.4 Organizační struktura Strojíren Třinec .....	11
<b>2 SKLÁDKOVÝ JEŘÁB .....</b>	<b>12</b>
2.1 Charakteristika jeřábu .....	12
2.2 Jeřábová kočka .....	13
2.3 Jeřábový most .....	13
2.4 Pevná noha .....	14
2.5 Kyvná noha .....	15
2.6 Materiál nosné konstrukce.....	15
2.6.1 Chemické složení v hm. % .....	16
2.6.2 Mechanické vlastnosti .....	16
2.6.3 Ekvivalent značení .....	16
2.7 Zajímavosti .....	17
<b>3 KLASIFIKACE KOROZNÍHO PROSTŘEDÍ.....</b>	<b>17</b>
<b>4 NÁVRH POVRCHOVÉ ÚPRAVY SKLÁDKOVÉHO JEŘÁBU.....</b>	<b>20</b>
<b>5 PŘÍPRAVA POVRCHU .....</b>	<b>21</b>
5.1 Odmaštění .....	22
5.1.1 Emulzní odmašťování .....	22
5.1.2 Odmašťovací prostředek .....	22
5.2 Otryskání .....	23
5.2.1 Zařízení pro tryskání .....	24
5.2.2 Otryskávací materiál.....	26
5.3 Odstranění prachu.....	27

<b>6 POVRCH MATERIÁLU .....</b>	<b>27</b>
6.1 Počáteční stav povrchu .....	27
6.2 Stupeň otryskaného povrchu .....	28
<b>7 APLIKACE NÁTĚROVÝCH HMOT .....</b>	<b>28</b>
7.1 Vysokotlaké bezvzduchou stříkání .....	29
Výhody oproti klasickým metodám: .....	29
7.2 Nanášení štětcem .....	30
7.3 Charakteristika nátěrových hmot .....	30
7.3.1 Základní nátěr .....	30
7.3.2 Podkladový nátěr .....	31
7.3.3 Vrchní nátěr .....	32
7.4 Jednotlivé vrstvy nátěrového systému .....	35
7.5 Spotřeba nátěrových hmot .....	36
7.6 Popis aplikačních podmínek .....	42
<b>8 KONTROLA TLOUŠŤKY NÁTĚROVÉHO FILMU .....</b>	<b>43</b>
8.1 Kontrola mokrého nátěrového filmu .....	43
8.2 Kontrola suchého nátěrového filmu .....	44
<b>9 VYHODNOCENÍ .....</b>	<b>51</b>
9.1 Vyhodnocení otryskaného povrchu .....	51
9.2 Vyhodnocení suché tloušťky nátěrového filmu .....	52
<b>10 ZÁVĚR .....</b>	<b>57</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>61</b>
<b>SEZNAMY .....</b>	<b>64</b>

## SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ

<b>Značka</b>	<b>Název</b>	<b>Jednotka</b>
TŽ	Třinecké železářny	–
ČSN	Česká státní norma	–
EN	Evropská norma	–
ISO	Mezinárodní norma	–
cca	Přibližně	–
C	Uhlík	[%]
Si	Křemík	[%]
Mn	Mangan	[%]
P	Fosfor	[%]
S	Síra	[%]
C <sub>ekv.</sub>	Uhlíkový ekvivalent	[%]
NH	Nátěrové hmoty	–
DFT	Dry Film Thickness (suchá tloušťka nátěrového filmu)	[μm]
WFT	Wet Film Thickness (mokrý tloušťka nátěrového filmu)	[μm]
VOC	Volatile organic compounds (organické těkavé látky)	[g · l <sup>-1</sup> ]
TSR	Theoretical spreading rate (teoretická vydatnost)	[m <sup>2</sup> · l <sup>-1</sup> ]
PSR	Practical spreading rate (praktická vydatnost)	[m <sup>2</sup> · l <sup>-1</sup> ]
CS	Obsah sušiny	[obj. %]
PCT	Teoretická spotřeba nátěrové hmoty	[l]
PSP	Praktická spotřeba nátěrové hmoty	[l]
A	Plocha	[m <sup>2</sup> ]
LP	Jednotková cena nátěrové hmoty	[Kč/l]
CN	Celkové náklady	[Kč]
Airless spraying	Vysokotlaké bezvzduchové stříkání	–
KP	Kontrolní plocha	–



# ÚVOD

Vlivem opotřebení a koroze dochází k degradaci povrchové vrstvy materiálu. Abychom zabránili znehodnocení provádíme příslušné povrchové úpravy, které mají velký podíl na výslednou jakost technického zařízení. Mají příznivý vliv na jeho životnost a na údržbu daného zařízení. Povrchové úpravy jsou procesy, při kterých se dosahuje zlepšení vlastnosti povrchu materiálu, zvyšuje se odolnost proti korozi, odolnost proti opotřebení. Nedostatečnou popřípadě nevyhovující povrchovou úpravou může dojít k znehodnocení.

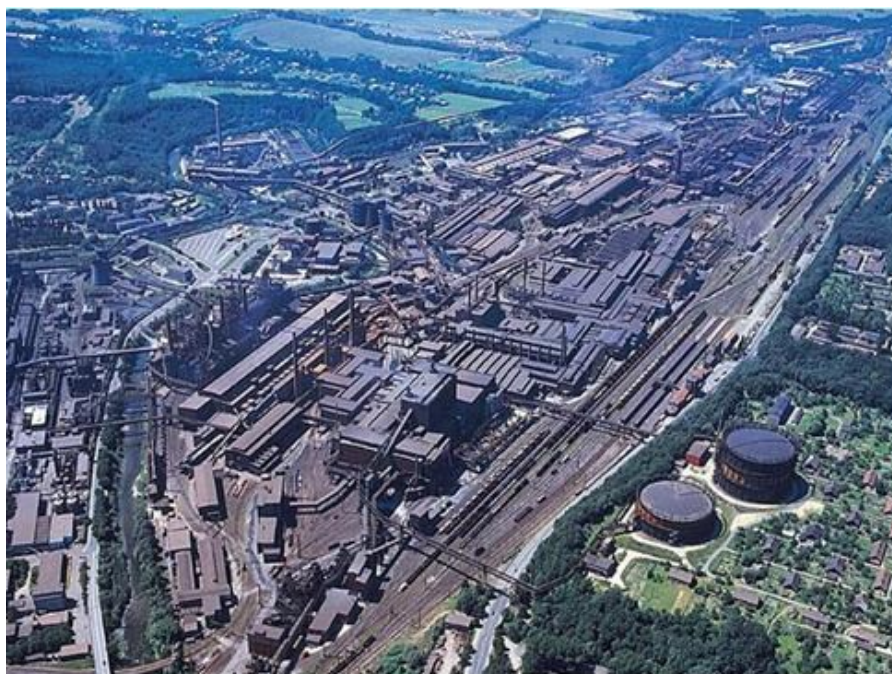
Organické povlaky na bázi nátěrových hmot jsou nejpoužívanější a z ekonomického hlediska nejvýhodnější povrchovou ochranou materiálu proti korozi. Nátěry zamezují přístup vody k povrchu. Pomocí nátěrových hmot řešíme také finální vzhled daného výrobku. Před nanášením nátěrů jsou nezbytné úpravy povrchu, o nichž pojednává část diplomové práce.

„Je to pěkné vysvědčení práce Strojíren Třinec, kterým se podařilo vyrobit největší stroj za svoji dosavadní existenci,“ řekl během předávání jeřábu investiční ředitel TŽ Jan Czudek. Diplomová práce se zabývá studiem povrchové úpravy nového skládkového jeřábu, jehož jednotlivé díly byly vyrobeny v mechanických dílnách podniku. Práce obsahuje stručný popis firmy a charakteristiku portálového jeřábu. Hlavní podstatou diplomové práce je návrh povrchové úpravy oceli S355J2N a vyhodnocení vykonaných prací. Z velké části se v diplomové práci zabývám ocelovou mostní konstrukcí, která se skládá z “kyvné nohy“, “pevné nohy“ a dvou hlavních nosníků.

# 1 POPIS SPOLEČNOSTI TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY

## 1.1 Historie

Třinecké železářny v Třinci patří k průmyslovým podnikům s nejdelší tradicí hutní výroby v České republice (Obr. 1). Byly založeny v roce 1839. V roce 1906 se staly železářny nejvýznamnější součástí Báňské a hutní společnosti. Z tohoto období pochází také ochranná známka „tři kladiva v kruhu“, která doprovází třinecké hutní výrobky i v dnešní době. Již ve dvacátých letech 20. století patřily železářny k nejmodernějším hutním závodům s uzavřeným hutním výrobním cyklem ve střední Evropě. V roce 1991 byly převedeny na státní akciovou společnost a od roku 1996 jsou Třinecké železářny zcela odstátněny a jejich vlastníkem je akciová společnost Moravia Steel.



*Obr. 1 Letecký pohled na Třinecké železářny [1]*

## 1.2 Základní informace

Součástí skupiny Třinecké železářny – Moravia Steel jsou další dceřiné společnosti, které vznikly v průběhu procesu restrukturalizace. Mezi významné také patří Strojírny Třinec, a.s. Je to společnost s dlouholetou tradicí výroby strojírenských výrobků jako jsou technologické celky, ocelové konstrukce včetně mostů, zařízení pro hutní provozy, strojní součásti, náhradní díly.

### 1.3 Strojírny Třinec, a.s.

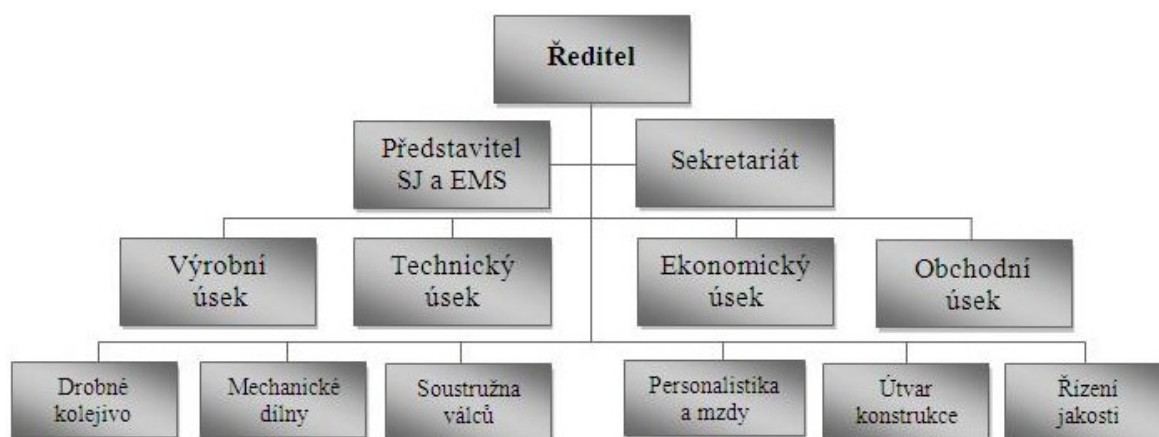
Tradice firmy sahá až do roku 1885, kdy byly vybudovány mechanické dílny pro údržbu všech provozů. Společnost vznikla v roce 1997 s názvem TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY – strojírenská výroba, a.s., jako dceřiná společnost TŽ, a.s. V roce 2005 se firma přejmenovala na Strojírny Třinec, a.s.

Základ společnosti tvoří tři výrobní provozy:

- soustružna válců,
- drobné kolejivo,
- mechanické dílny.

Součástí firmy je i samostatný útvar konstrukce.

### 1.4 Organizační struktura Strojíren Třinec



Obr. 2 Organizační struktura Strojíren Třinec [2]

## 2 SKLÁDKOVÝ JEŘÁB

Vedení TŽ se neustále rozhoduje o modernizaci a opravách vybraných stávajících výrobních zařízení. Jednou z modernizací byla také vize nového skládkového jeřábu pro přípravu vysokopecní vsázky (Obr. 3). Úkolem projektu byla realizace nového jeřábu, který měl nahradit jeden ze tří jeřábu obdobného typu, jenž byl revizí techniky uznán jako nevyhovující (Obr. 4).

Vzhledem ke stáří nebylo možné zjistit povrchovou úpravu ani nátěrový systém původního jeřábu. V diplomové práci se budu zabývat návrhem povrchové úpravy nového jeřábu, dále pak návrhem vykonaných prací, kterých jsem se zúčastnil, a jejich vyhodnocením.



*Obr. 3 Nový skládkový jeřáb*



*Obr. 4 Nevyhovující jeřáb*

### 2.1 Charakteristika jeřábu

Portálový drápkový jeřáb slouží pro přepravu jednotlivých komponentů aglomerátů a vysokopecní vsázky. Komponenty se shromažďují do jam, které jsou hluboké 4 m. Do těchto jam je možné naložit aglomerát do výšky cca 15 m. Komponenty se přepravují z výklopníku vagónu přes obslužný pás a z „rybníků“ do dep. Jeřáb se pohybuje po kolejnicích o délce 200 m a vzdálenosti mezi oběma kolejnicemi je 65 m. Jeřáb je schopen pracovat s drapákem a také s pásovým dopravníkem, který je uložen mezi nosníky jeřábu a slouží k přepravě aglomerátu. U výklopu vagónu je další dopravník, který na něj navazuje. Na protější straně uložistiště se nacházejí sýpky, kde je připravená vysokopecní vsázka, která se odváží na vysoké pece.

## 2.2 Jeřábová kočka

Největší změnou při nahrazení jednoho z jeřábu byla nová kočka jeřábu, která se od ostatních lišila vzhledem i samotným vybavením. Pracovníci měli problém s tzv. „mrtvými úhly“ v prostorách kabiny, proto se zajistil lepší výhled na pracovní plochu. Obslužný systém zajišťuje software *graab control*, jenž byl navržen pro zvýšení produktivity práce, čímž je zejména úplné naplnění drapáku. Lžíce drapáku je vyrobena z vysoce otěruvzdorného plechu *Hardox*, nacházející využití i jako konstrukční plech současně (Obr. 5). Používá se tam, kde je kladen důraz na vysokou odolnost, tvrdost a houževnatost. *Hardox* se vyznačuje snadnou svařitelností.



Obr. 5 Lžíce drapáku

## 2.3 Jeřábový most

Mostní konstrukce jeřábu je z hlediska rozměrů největší. Jeřábové kočce je umožněn pohyb po obdélníkové manipulační ploše, která má rozměry 65 m × 6 m. Celek mostu se skládá ze tří částí:

- pevná noha,
- kyvná noha,
- dva hlavní nosníky (Obr. 6)

Části jsou navzájem spojeny přesnými šrouby.





*Obr. 6 Část středního dílu mostní ocelové konstrukce [3]*

## **2.4 Pevná noha**

Pevná noha jeřábu je složena ze tří samostatných dílů, které při montáži byly spojeny přesnými šrouby, jenž také sjednocují nohu s ocelovou mostní konstrukcí do jednoho celku. Pohonné jednotky vybavující podvozky zajišťují pojezd mostu jeřábu. Podvozky jsou uchycené k pevné noze kyvně aby nedocházelo k přenosu náhle nerovnosti do pevné nohy a tím i do mostní konstrukce jeřábu. Noha se pohybuje po úrovni stávající komunikace a má rozměry 5 m × 11 m (Obr. 7).



*Obr. 7 Pevná noha [3]*

## 2.5 Kyvná noha

Kyvná noha je konstruována tak, aby vyrovnávala teplotní vlivy, které působí na mostní konstrukci. Pojezd mostu jeřábu je obdobný jako u pevné nohy. Kyvná noha se pohybuje v místě zapuštěných jam. Rozměry nohy jsou 11 m × 11 m (Obr. 8).



*Obr. 8 Kyvná noha [3]*

## 2.6 Materiál nosné konstrukce

Pro výrobu základních celků nosné ocelové konstrukce jeřábu (ocelové konstrukce portálu, rám kočky) byl použit materiál S355J2N dle EN 10025 - 2. Takto válcovaný materiál odpovídá stavu získanému po normalizačním žíhání. V přirozených podmínkách (v atmosféře, půdě a vodách) korodují tyto oceli v rozmezí několika desetin milimetru za rok. Předností tohoto materiálu je, že i po jakémkoli tepelném zásahu (např. svařování, dělení plamenem, apod.), zůstávají mechanické vlastnosti materiálu prakticky nezměněny. Dodržení tohoto požadavku je velmi důležité zejména u dynamicky namáhaných svařovaných konstrukcí, jako např. u konstrukcí silničních a železničních mostů, jeřábových drah, mostových jeřábů, apod. [4]

### 2.6.1 Chemické složení v hm. %

Tab. 1 Chemické složení materiálu S355J2N

C	0,20
Si	0,55
Mn	1,60
P	0,035
S	0,035
C <sub>ekv.</sub>	min. 0,45

### 2.6.2 Mechanické vlastnosti

Tab. 2 Mechanické vlastnosti konstrukční oceli

Mez kluzu R <sub>eH</sub>	≥ 345 MPa
Pevnost v tahu R <sub>m</sub>	470 MPa – 630 MPa
Tažnost A	20 %
Minimální hodnota nárazové práce KV při zkušební teplotě -20 °C	27

### 2.6.3 Ekvivalent značení

Tab. 3 Ekvivalent materiálu

Značka	Číselné označení	Odpovídající značka podle ČSN
S355J2	1.0577	11 531



## 2.7 Zajímavosti

Přehled základních údajů a informací o výrobě jsou uvedeny v (Tab. 4).

Tab. 4 Zajímavosti skládkového jeřábu

Zahájení výroby	Říjen 2009
Konec výroby	Srpen 2010
Investice	100 mil. Kč
Celková hmotnost	452,8 t
Délka	67 m
Objem drapáku	3 m <sup>3</sup>
Počet lícovaných šroubů	2000 ks
Délka kolejnic	200 m
Pohony	12 ks
Délka pásové dopravy mezi nosníky	70 m
Průměr velkorozměrového ložiska jeřábové kočky	Ø 2600 mm
Hmotnost drapáku	6,5 t

## 3 KLASIFIKACE KOROZNÍHO PROSTŘEDÍ

Koroze je samovolný proces, při kterém dochází k znehodnocování materiálů působením okolního prostředí. Nechráněná ocel při výskytu v atmosféře, ve vodě nebo při uložení v zemi koroduje. Údaj o korozní agresivitě atmosféry má základní význam pro specifikaci optimální korozní ochrany výrobku. Stupeň korozní agresivity je základní informací pro výběr materiálů a systémů ochrany pro atmosférické prostředí s ohledem ke způsobům použití a k požadované životnosti výrobku.

Korozní prostředí se klasifikuje podle normy ČSN EN ISO 12 944 viz. Tab. 5. Norma určuje celkem pět stupňů korozní agresivity C1 až C5, kde stupeň C5 je rozdělen na průmyslové a přímořské prostředí. Tab. 6 uvádí ostatní korozní prostředí. [5]

Tab. 5 Klasifikace korozního prostředí

Stupeň korozní agresivity	Životnost	Prostředí	
		Venkovní	Vnitřní
C1 velmi nízká	nízká (L) 2 až 5 let střední (M) 5 až 15 let vysoká (H) nad 15 let		Vytápěné budovy s čistou atmosférou, např. kanceláře, školy, obchody, hotely
C2 nízká	nízká (L) 2 až 5 let střední (M) 5 až 15 let vysoká (H) nad 15 let	Atmosféry s nízkou úrovní znečištění, převážně venkovské prostředí	Nevytápěné budovy, kde může docházet ke kondenzaci vlhkosti, např. sklady, sportovní haly
C3 střední	nízká (L) 2 až 5 let střední (M) 5 až 15 let vysoká (H) nad 15 let	Městské a průmyslové atmosféry s mírným znečištěním oxidem siřičitým; přímořské prostředí s nízkou salinitou	Výrobní prostory s vysokou vlhkostí a malým znečištěním ovzduší, např. výrobní potravin, prádelny, pivovary, mlékárny
C3 střední	nízká (L) 2 až 5 let střední (M) 5 až 15 let vysoká (H) nad 15 le	Průmyslové prostředí a přímorské prostředí s mírnou salinitou	Chemické závody, plavecké bazény, loděnice a doky na mořském pobřeží
<b>C5 – I *</b> velmi vysoká	nízká (L) 2 až 5 let střední (M) 5 až 15 let vysoká (H) nad 15 let	Průmyslové prostředí s vysokou vlhkostí a agresivní atmosférou	Budovy nebo prostředí s převážně trvalou kondenzací a s vysokým znečištěním ovzduší
C5 – M velmi vysoká	nízká (L) 2 až 5 let střední (M) 5 až 15 let vysoká (H) nad 15 let	Přímorské prostředí s vysokou salinitou	Budovy nebo prostředí s převážně trvalou kondenzací a s vysokým znečištěním ovzduší

Tab. 6 Ostatní korozní prostředí

Stupeň korozního prostředí	Prostředí
Im1	čistá voda
Im2	mořská nebo poloslaná voda
Im3	půda

\* Jeřáb se nachází na území Třineckých železáren, a.s. konkrétně na provozu aglomerace, kde je neustále agresivní prostředí a ovzduší je velmi znečištěné vlivem přepravy vysokopecní vsázky, kdy dochází k nadměrné prašnosti (Obr. 9). Pro dané prostředí jsem zvolil stupeň korozní agresivity **C5 – I**, jemuž odpovídá úbytek hmotnosti materiálu  $> 650 \text{ g.m}^{-2}$  až  $1500 \text{ g.m}^{-2}$  a úbytek tloušťky materiálu  $> 80 \text{ }\mu\text{m}$  až  $200 \text{ }\mu\text{m}$  za rok.



Obr. 9 Pracovní prostředí jeřábu

## 4 NÁVRH POVRCHOVÉ ÚPRAVY SKLÁDKOVÉHO JEŘÁBU

Návrh povrchové úpravy odpovídá technologii zavedené ve firmě. Na základě požadavku byly pro ochranu povrchu materiálu použity nátěrové hmoty od firmy HEMPEL, která s firmou spolupracuje a vyrábí nátěry do agresivního korozního prostředí C5 – I. Pro vnější nátěry byl aplikován třívrstvý nátěrový systém s minimální požadovanou suchou tloušťkou nátěru 300 µm, pro vnitřní nátěry byla nanášena jedna vrstva nátěru s požadavkem minimálně 125 µm suché tloušťky nátěrového filmu.

### Příprava povrchu

- emulzní odmaštění
- abrazivní otryskání
- odstranění prachu

### Povrch materiálu

- vizuální vyhodnocení čistoty povrchu dle ČSN EN ISO 8501-1
- drsnost povrchu materiálu (Komparátor Rugotest) dle ČSN EN ISO 8501-1

### Nanášení nátěrových hmot

- vysokotlaké bezvzduchové stříkání (airless spraying)
- štětcem

### Zkoušky NH

- kontrola tloušťky mokrého filmu dle ČSN EN ISO 2808
- kontrola tloušťky suchého filmu dle ČSN EN ISO 2808

## 5 PŘÍPRAVA POVRCHU

Příprava povrchu patří k nejdůležitějším etapám povrchové úpravy. Kvalitní příprava povrchu ovlivňuje výslednou kvalitu nátěrového systému. Účelem je dosažení předepsané čistoty povrchu a vytvoření vhodného profilu drsnosti.

Všechny povrchové úpravy vyžadují konkrétní předúpravu povrchu daného výrobku. Stav povrchu závisí na předchozím tváření a opracování. Povrch může být různě drsný, poškrábaný, s póry, otřepy, třískami, nerovnostmi. Kvalita a životnost povrchové úpravy mají vliv na očištění a úpravu povrchu. Každá operace však prodražuje výrobní proces a proto je v podnicích snaha omezit předúpravu na minimum. Povrch materiálu musí být před aplikací nátěrových hmot zbaven všech nečistot, které mají nepříznivý vliv na jakost povrchové úpravy. Účinnou ochranu kovů proti korozním vlivům poskytují pouze takové ochranné vrstvy, které jsou v přímém kontaktu s kovem.. Důležitým faktorem při hodnocení kvality povrchu z hlediska vhodnosti pro aplikaci nátěru je stupeň drsnosti. Mírným zdrsňením se povrch zvětší a stává se tak vhodnějším pro přilnavost nátěru. [6]

V diplomové práci se zabývám chemickou a také mechanickou úpravou povrchu. Chemické úpravy jsou takové, při kterých jejich činidla reagují s nečistotami na povrchu materiálu. Těmito operacemi se povrch připravuje pro různé povlaky. Nátěrové hmoty jsou na čistotu povrchu méně choulostivé. Předběžnou mechanickou úpravou se vytváří určitá požadovaná jakost a kvalita povrchu. Účelem mechanické úpravy je:

- zbavit se nečistot,
- vytvořit podmínky pro zvýšení odolnosti proti korozi a opotřebení,
- zajistit podmínky pro přilnavost NH,
- zlepšit mechanické vlastnosti povrchu.

Příprava povrchu závisí na korozním prostředí. Čím je prostředí agresivnější, tím důkladnější je vyžadována příprava povrchu. Důležité je, aby bylo dosaženo nezbytné adheze nátěru.

V této kapitole jsou popsány navržené předúpravy povrchu spolu s jejich aplikací a prostředky.

## 5.1 Odmaštění

Odmašťování je chemický technologický proces, při které se povrch výrobku zbavuje mastnot, olejových a jiných nečistot. Jde především o zbytky konzervačních a mazacích olejů. Nečistoty bývají vázány fyzikální absorpci (látky mající tukový charakter), adhezními silami (prach, třísky, nečistoty). Cílem odmašťovacího procesu je uvolnění veškerých nečistot z povrchu materiálu a převést je do roztoku nebo emulze a současně zabránit zpětnému vyloučení na povrch.

### 5.1.1 Emulzní odmašťování

Emulze je směs organických nehořlavých rozpouštědel s emulgátory, smáčedly, inhibitory koroze a vodou. Nanáší se postřikem, natíráním nebo máčením na čistěný povrch. Účinek emulzních přípravků je založen na rozpouštění mastnoty organickým rozpouštědlem a odplavení mastnoty emulgátorem při vodním oplachu. Tato metoda je velmi účinná i na značně znečištěné povrchy a velké konstrukční celky. Při emulzním způsobu odmašťování se nedosahuje zcela smáčivého povrchu, přesto je odmaštění postačující. [7]

### 5.1.2 Odmašťovací prostředek

Pro proces odmašťování jsem zvolil univerzální koncentrovaný odmašťovací a čistící prostředek **Aquatex AQ** (Obr. 10), jenž narušuje molekulární vazby nečistot. Tento druh se používá k očištění povrchů strojů a zařízení v průmyslových závodech. Aquatex je možno ředit v poměru 1:40 podle náročnosti aplikace. Předchází tvorbě mastných a olejových nánosů. Rozkládá molekulární strukturu, která váže nečistoty na povrch. Vzniklé látky se pak přeměňují na emulzi, která se nejčastěji odstraňuje oplachem. Zvolený prostředek nepodporuje zápalný proces, čímž se může používat poblíž otevřeného ohně. Nebezpečí koroze snižuje inhibitor koroze. V níže uvedené tabulce jsou uvedeny technické údaje a návod k použití daného prostředku (Tab. 7). [8]



Obr. 10 Odmašťovací prostředek Aquatex AQ

Tab. 7 Informace o Aquatexu

---

### **TECHNICKÉ INFORMACE**

---

Typ: vodní alkalický roztok s emulgátorem

pH: 12 – 12,5

Hořlavost: nehořlavý

Složení: modifikované zásady, organická rozpouštědla a vnitřně působící činidla

Koncentrát způsobuje poleptání.

---

### **NÁVOD K POUŽITÍ**

---

Nanášení se může provádět nástřikem, rozetřením nebo nakropením na čištěný povrch. Nechte působit 30 až 60 sekund, poté povrch opláchněte nebo vytřete do čista.

Tabulka ředění	A	B	C	<b>D*</b>	E
Díly vody	2	5	10	<b>20</b>	40
Díly Aquatexu	1	1	1	<b>1</b>	1

Koncentrát nelze použít neředěný.

V případě odmaštění ocelových konstrukcí jeřábu byl prostředek naředěn v poměru 1:20. Prostředek byl aplikován nástřikem a poté vytřen do čista.

## **5.2 Otryskání**

Čištění povrchu kovu otryskáváním umožňuje zabezpečit jeho dokonalou přípravu pod nátěr. Dosažená vhodná drsnost, která je závislá na volbě otryskávacího prostředku přispívá k lepšímu zakotvení základních nátěrů. Otryskávání je nejefektivnějším postupem při odstraňování nečistot mechanickou cestou. Při této mechanické úpravě povrchu jsou zrna různých materiálů vrhána velkou rychlostí proti povrchu součástí.

Tryskacímu materiálu je dodána kinetická energie:

- stlačeným vzduchem,
- tlakovou vodou,
- metacím kolem,
- kombinací tlaku, vzduchu a vody.

Intenzita čištění povrchu závisí na druhu materiálu, tvaru zrn, úhlu dopadu a vzdálenosti tryskacího zařízení od povrchu.

Tryskací materiál by měl zaručovat:

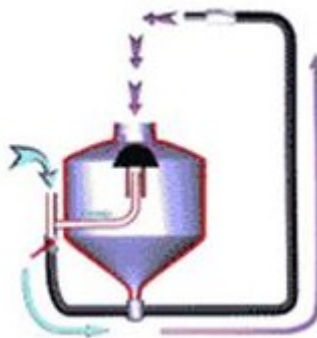
- nízkou prašnost,
- dobrý čistící účinek,
- minimální vliv na opotřebení lopatek,
- značnou trvanlivost v provozních podmínkách,
- přiměřenou cenu.

Tvrdá ostrá zrna očišťují povrch a zároveň z něj odstraňují i částice kovu. Po otryskání je povrch součástí drsný.

### **5.2.1 Zařízení pro tryskání**

Pro otryskání ocelových dílů byl použit tlakový tryskací systém (Obr. 11), užívaný u mobilních tlakových jednotek. Tento systém obsahuje tlakovou nádobu, do které se sype určité množství tryskacího prostředku. V průběhu tryskání se uzavře těsnící kuželka, která je v plnicím hrdle a tím se natlakuje celá nádoba. Tryskací prostředek postupuje přepouštěcí tryskou ve směšovací hlavě do speciální tryskací hadice až k pracovní trysce, kde je abrazivo vrháno na povrch materiálu. Ventilem je možno nastavit poměr mezi tlakovou nádobou a vzduchem v hadici. Po vytryskání obsahu tlakové nádoby je třeba tryskání přerušit. Po odtlačování se otevře kuželka a do nádoby se vsype materiál. Tlakové tryskače jsou velice účinné a hospodárné, vzhledem k malým vzduchovým ztrátám. [9]





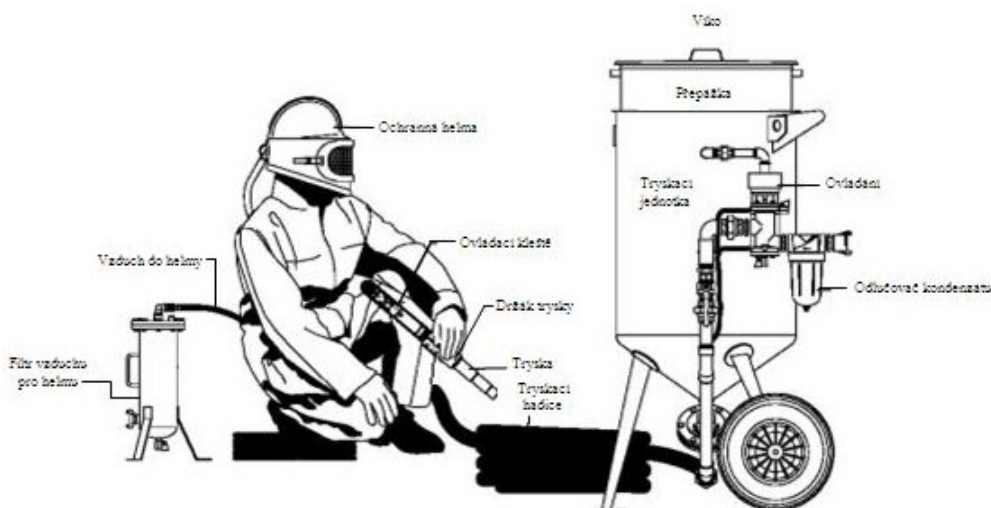
Obr. 11 Schéma tlakového tryskače

Firma se kterou jsem spolupracoval používá pro mobilní tryskání tři tryskací jednotky AIRBPLAST (Obr. 12). Tímto zařízením se připravuje povrch materiálů na stupeň čistoty dle ČSN a stupeň drsnosti dle Rugotestu č.3 nebo ISO Komparátoru. Zařízení má hliníkovou konstrukci (nízká hmotnost, vyšší odolnost proti korozi). Hliník má vyšší tepelnou vodivost než ocel, čímž dochází k snížení problémů s kondenzací. Jednotky jsou schopny otryskat  $400 \text{ m}^2 - 600 \text{ m}^2$  povrchu za den, umožňují tryskání cca 15 min – 30 min v případě 150 l nádoby a cca 5 - 15 min u 50 l nádoby v závislosti na tlaku a velikosti trysky. Rychlost abraziva u ústí trysky se pohybuje cca  $43 \text{ m.s}^{-1}$ .

Bezpečnost je zajištěna dálkovým ovládním, které přívod vzduchu zastaví okamžitě po uvolnění spouště. Bezpečnost při plnění je zajištěna speciálním navrženým plnicím ventilem, který zabraňuje provádět plnění, pokud je zařízení pod tlakem. [10]

Výhody:

- nízká spotřeba vzduchu,
- snadné použití,
- široká oblast využití,
- snadné plnění.



Obr. 12 Základní vybavení tryskacího zařízení [11]

### 5.2.2 Otryskávací materiál

Materiál určený k tryskání se volí podle materiálu součásti, tloušťky stěn a stupně znečištění. U tlakového systému se obvykle používají těžší abraziva jako je ocelová a litinová drť, lze použít i celou řadu dalších materiálů jako např. balotina, struska, korund. V případě otryskání dílů jeřábu bylo použito ekologické pískové abrazivo typové řady **AMT ® 2 standart** – bezpečný produkt s charakterizovanými vlastnostmi skla. Drť se používá k předúpravě oceli, všech forem železa, betonu, kamene a zdiva. Synná hmotnost  $1,32 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  poskytuje optimální hustotu pro vyšší produktivitu. AMT se vyznačuje zejména velkou tvrdostí která ho definuje jako velmi efektivní abrazivo. Vzhledem ke svému složení je šetrný k prostředí, splňuje přísná ekologická kritéria a nereaguje s ostatními látkami a nemůže tak působit na okolí. Z různých abrazivních materiálů, které jsou v dnešní době dostupné, má AMT nejlepší poměr mezi cenou a schopnostmi. Abrazivní materiál se uchovává ve velkoobjemových pytlích, které jsou plněny na váhu 1 t. Při skladování materiálu je nutno dbát na eliminaci povětrnostních vlivů. [12]

#### Chemické a fyzikální vlastnosti:

- materiál není toxický,
- měrná hmotnost:  $2\,510 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ,
- synná hmotnost:  $1\,320 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ,
- tvrdost: stupeň 6 – 8 dle Mohsovy stupnice.

Abrazivní materiál díky sklovité mineralogické struktuře neobsahuje žádné ve vodě rozpustné látky, je nemagnetický, prakticky nevodivý, není vznítitelný. Nereaguje chemicky s otryskaným povrchem.

### 5.3 Odstranění prachu

I když nátěrová hmota velmi dobře ulpívá na prachu, prach neulpívá na ocelovém povrchu, následkem čeho může docházet k odlupování nátěrů a předčasné korozi materiálu. Proto je nutno po otryskání provést odstranění veškerého prachu a případných nečistot na povrchu. Odstranění prachu před aplikaci nátěru bylo provedeno stlačeným vzduchem.

## 6 POVRCH MATERIÁLU

Dle normy ČSN EN ISO 8501-1 jsem provedl vizuální vyhodnocení čistoty povrchu materiálu a vyhodnocení drsnosti. Norma poskytuje informace o přítomnosti rzi a okují, přítomnosti nečistot na povrchu včetně prachu, oleje a mastnot a stupních otryskání.

### 6.1 Počáteční stav povrchu

Při posuzování výchozího stavu povrchu jsem vycházel z toho, že ocelový povrch je nenatřený. Povrch, který je nenatřený může být pokryt rzi, okujemi nebo jinými nečistotami a to v různém rozsahu. Podle Tab. 8 jsem vyhodnotil počáteční stav povrchu. [14]

*Tab. 8 Stupně zarezavění*

A		<b>Povrch oceli je z velké části pokryt přilnavou vrstvou okují, ale téměř bez rzi.</b>
B		Na povrchu oceli se začala tvořit rez a z povrchu se začaly odlupovat okuje.
C		Povrch oceli, ze kterého odkorodovaly okuje nebo ze kterého je lze oškrábat, a který vykazuje mírnou korozi viditelnou prostým okem.
D		Povrch oceli, ze kterého odkorodovaly, a který vykazuje celkovou rovnoměrnou důlkovou korozi viditelnou prostým okem.

## 6.2 Stupeň otryskaného povrchu

V níže uvedené tabulce (Tab. 9) jsou dle způsobu otryskání rozděleny čtyři stupně otryskání. Dle Rugotest komparátoru jsem vizuálně a dotykem prstu vyhodnotil, otryskané dílce mostní konstrukce na stupeň Sa 2 ½. [14]

Tab. 9 Stupně otryskání

<b>Sa 1</b>	<b>Lehké otryskání</b>	Při prohlížení bez zvětšení musí být povrch prostý viditelných olejů, mastnot a nečistot, málo přilnavých okují, rzi, nátěrů.
<b>Sa 2</b>	<b>Důkladné otryskání</b>	Při prohlížení bez zvětšení musí být povrch prostý viditelných olejů, mastnot a nečistot, bez většiny okují, rzi, nátěrů. Všechny zbylé nečistoty musí být pevně přilnavé.
<b>Sa 2 ½</b>	<b>Velmi důkladné otryskání</b>	Při prohlížení bez zvětšení musí být povrch prostý viditelných olejů, mastnot a nečistot, okují, rzi, nátěrů a cizích látek. Všechny zbylé stopy nečistoty musí vykazovat pouze lehké zbarvení ve formě skvrn nebo pruhů.
<b>Sa 3</b>	<b>Otryskání až na vizuálně čistý povrch</b>	Při prohlížení bez zvětšení musí být povrch prostý viditelných olejů, mastnot a nečistot, okují, rzi, nátěrů. Povrch musí mít jednotný kovový vzhled.

## 7 APLIKACE NÁTĚROVÝCH HMOT

Před aplikací NH musí být povrch upravený, příprava povrchu je uvedena v kapitole 5. Nátěrové systémy patří mezi nejběžnější ochrany proti korozi ocelových výrobků s cílem zvýšit jejich životnost. Zabraňují přístupu vody a agresivních složek k povrchu materiálu. Nátěr je ochranný povlak jedné nebo více vrstev vytvrzené NH na povrchu předmětu, který není úplně bezpórovitý.

Při aplikaci nátěrů jsem vycházel z technických listů příslušných nátěrových hmot od firmy HEMPEL, kde jsou údaje:

- popis a doporučené použití NH,
- údaje pro nanášení,
- fyzikální údaje,
- doporučenou přípravu povrchu,
- podmínky pro nanášení.

Při nanášení se musela dodržet podmínka teploty natíraného povrchu, která musí být vždy vyšší, než je teplota rosného bodu. Jestliže by teplota povrchu byla stejná s teplotou rosného bodu, pak by docházelo ke kondenzaci vody na povrchu materiálu.

## 7.1 Vysokotlaké bezvzduchou stříkání

Airless spraying je nejvíce uplatněná metoda nanášení pro velké plochy, kde dosahujeme rovnoměrného nástřiku a hladkého povrchu. Barva se při tomto způsobu nanášení přivádí stlačeným vzduchem do úzkého otvoru trysky, když barva trysku opustí, dochází k poklesu tlaku a vytváří se kužel jemných kapek, ty dopadají na povrch materiálu a tvoří souvislý povlak. Ideální vzdálenost trysky od povrchu je 30 cm – 40 cm. Ztráty jsou nižší než při aplikaci vzduchového stříkání. Na Obr. 13 je zařízení pro vysokotlaké bezvzduchové stříkání. [7, 15]



Obr. 13 Stříkací zařízení

Výhody oproti klasickým metodám:

- větší nanesená vrstva,
- rychlé aplikace velkých ploch,
- nižší spotřeba barvy,
- rychlé nátěry špatně dostupných míst,
- povrchy bez bublin a žádné deformace v povrchové vrstvě.

## 7.2 Nanášení štětcem

Hlavní předností nanášení NH štětcem je dosažení dokonalého rozetření barvy a přilnutí do pórů materiálu. Výhodou jsou minimální ztráty. Štětcem byly natřeny pouze menší plochy konstrukce a pomocí něj byly provedeny případné opravy.

## 7.3 Charakteristika nátěrových hmot

Řadu možností pro ochranu ocelového povrchu poskytují organické materiály. Nejrozšířenějšími jsou povlaky z nátěrových hmot. Povrchová ochrana pomocí nátěrových povlaků má většinou jak ochranný, tak estetický účinek.

Nátěrové hmoty se často třídí podle charakteristiky tvorby filmu na:

- fyzikálně zasychající,
- chemicky vytvrzující.

V chemicky vytvrzujících nátěrových hmotách se výsledný film vytvoří odpařením rozpouštědel a polymerizací. Film získává pevnost, tvrdost a chemickou odolnost.

### 7.3.1 Základní nátěr

HEMPADUR 17410 je dvousložková, vysoce nanášivá nátěrová hmota, která kombinuje vysoký obsah sušiny s krátkou dobou schnutí. Obsahuje zinkofosfát. Je vhodný pro aplikaci v dílně i na montáži jako základní nebo podkladový nátěr v systémech HEMPADUR. Provozní teplota maximálně 140 °C. V Tab. 10 jsou uvedeny informace o nátěrové hmotě, vybrané fyzikální údaje a taky údaje pro nanášení. [16]

Tab. 10 Základní informace o NH HEMPADUR 17410

Nátěrová hmota		Fyzikální a chemické údaje	
Výrobce	HEMPEL	Obsah sušiny [obj. %]	70,5
Obchodní jméno	HEMPADUR 17410	Obsah VOC [g . l <sup>-1</sup> ]	292
Báze – číslo jakosti	17419	Hustota [kg . l <sup>-1</sup> ]	1,69
Báze – číslo šarže	019111168	Výpary rozpouštědel [m <sup>3</sup> . l <sup>-1</sup> ]	0,072
Tužidlo	98410	<b>Doba schnutí</b>	
Barva	červená	Proti prachu	2 h
Číslo odstínu	50630	Na dotyk	2 h
		Pro manipulaci	48 h
		Pro další nástřik	8 h
		Doba zpracovatelnosti směsi	1 h
Údaje pro nanášení			
Poměr míchání	Základ 17419 : tužidlo 98410; 4 : 1 objemových dílů		
Způsob nanášení	Bezvzduchové stříkání; Štětce (opravy);		
Ředidlo	THINNER 08450		
Ředění	5 %		
Velikost trysky	019" – 021"		
Tlak na trysce	225 barů		
DFT předepsaná	120 μm; 125 μm *		
WFT předepsaná	170 μm; 175 μm *		
Počet vrstev	1		

\* Předepsané tloušťky suchého a mokrého filmu pro vnitřní části (dutiny).

### 7.3.2 Podkladový nátěr

HEMPADUR MASTIC 45880 je dvousložková , vysoce nanášivá epoxidová náterová hmota. Vytvrzuje do tvrdého a pevného nátěru a má dobré smáčecí schopnosti a výborné krycí vlastnosti. Používá se jako mezinátěr, nebo vrchní nátěr v systémech pro těžké provozní podmínky. Maximální provozní teplota 120 °C. V Tab. 11 je stručná charakteristika této nátěrové hmoty. [17]

Tab. 11 Základní informace o HEMPADUR MASTIC 45880

Nátěrová hmota		Fyzikální a chemické údaje	
Výrobce	HEMPEL	Obsah sušiny [obj. %]	76,2
Obchodní jméno	HEMPADUR MASTIC 45880	Obsah VOC [g . l <sup>-1</sup> ]	217,4
Báze – číslo jakosti	45889	Hustota [kg . l <sup>-1</sup> ]	1,84
Báze – číslo šarže	019111397	Výpary rozpouštědel [m <sup>3</sup> . l <sup>-1</sup> ]	0,049
Tužidlo	95880	<b>Doba schnutí při</b>	
Barva	šedá	Proti prachu	2 h
Číslo odstínu	12430	Na dotyk	5 h
		Pro manipulaci	48 h
		Pro další nástřik	9 h
		Doba zpracovatelnosti směsi	1 h
Údaje pro nanášení			
Poměr míchání	Základ 45889 : tužidlo 95880; 3 : 1 objemových dílů		
Způsob nanášení	Bezvzduchové stříkání; Štětec (opravy)		
Ředidlo	THINNER 08450		
Ředění	5 %		
Velikost trysky	017" – 023"		
Tlak na trysce	250 barů		
DFT předepsaná	120 μm		
WFT předepsaná	170 μm		
Počet vrstev	1		

### 7.3.3 Vrchní nátěr

HEMPATHANE HS 55610 je dvousložková polyuretanová nátěrová hmota s dobrou stálostí barevného odstínu a lesku, obsahuje zinkofosfát. Charakteristickými znaky jsou vynikající aplikační vlastnosti, jedná se o rychleschnoucí vysoce nanášivý vrchní nátěr. Používá se pro ochranu ocelových konstrukcí, mostů, energetických zařízení v korozním prostředí. Provozní teploty maximálně 120 °C. Je to výrobek s vysokým obsahem sušiny, proto spotřeba nátěrové hmoty je v porovnání s výrobky s nízkým obsahem sušiny nižší. To má za následek snížení nákladu na logistiku a manipulaci. Tím, že dochází k rychlému zasychání je možné zkrátit a optimalizovat aplikační proces.



HEMPATHANE HS 55610 se vyznačuje nízkým obsahem těkavých organických látek. Snižuje se množství emisí těchto látek do atmosféry a také praktická spotřeba (Graf 1, Graf 2). Provozní teploty maximálně 120 °C. V Tab. 12 jsou uvedeny některé informace o dané nátěrové hmotě a v Tab. 13 uvádím srovnání navrženého nátěrového systému se standardním nátěrovým systémem. [18]

Tab. 12 Základní informace o HEMPATHANE HS 55610

Nátěrová hmota		Fyzikální a chemické údaje	
Výrobce	HEMPEL	Obsah sušiny [obj. %]	61,9
Obchodní jméno	HEMAPTHANE HS 55610	Obsah VOC [g . l <sup>-1</sup> ]	329,8; 340,5
Báze – číslo jakosti	55619	Hustota [kg . l <sup>-1</sup> ]	1,46; 1,54
Báze – číslo šarže	019111699	Výpary rozpouštědel [m <sup>3</sup> . l <sup>-1</sup> ]	0,076; 0,079
Tužidlo	97050	<b>Doba schnutí při 20 °C</b>	
Barva	Modrá; Žlutá	Proti prachu	4 h
Číslo odstínu	37170; 27236	Na dotyk	8 h
		Pro manipulaci	48 h
		Pro další nástřik	16 h
		Doba zpracovatelnosti směsi	2 h
Údaje pro nanášení			
Poměr míchání	Základ 55619 : tužidlo 97050; 7 : 1 objemových dílů		
Způsob nanášení	Bezvzduchové stříkání; Štětce (opravy)		
Ředidlo	THINNER 08080		
Ředění	5 %		
Velikost trysky	017" – 021"		
Tlak na trysce	175 barů		
DFT předepsaná	60 μm		
WFT předepsaná	135 μm		
Počet vrstev	1		

Tab. 13 Příklad pro aplikaci 5 000 m<sup>2</sup> plochy třívrstvého nátěrového systému bez ředění

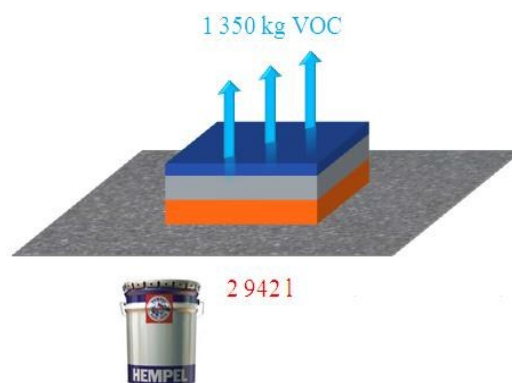
	DFT [μm]	Teoretická spotřeba nátěru [l]	Celkový obsah organických těkavých látek [kg]
HEMPADUR 17410 Vysoký obsah sušiny (70,5 %)	120	851	249
HEMPADUR MASTIC 45880 Vysoký obsah sušiny (76,2 %)	120	787	171
HEMPATHANE HS 55610 Vysoký obsah sušiny (61,9 %)	60	485	160; 165*
<b>Navržený třívrstvý systém</b>	<b>300</b>	<b>2 123</b>	<b>580; 585*</b>
STANDARDNÍ NH Nízký obsah sušiny (51 %)	120	1 177	450
STANDARDNÍ NH Nízký obsah sušiny (51 %)	120	1 177	450
STANDARDNÍ NH Nízký obsah sušiny (51 %)	60	588	450
<b>Standardní třívrstvý systém</b>	<b>300</b>	<b>2 942</b>	<b>1 350</b>

\*Uvolnění VOC pro odstín 27236.



- HEMPATHANE HS 55610: 60 μm
- HEMPADUR MASTIC 45880: 120 μm
- HEMPADUR 17410: 120 μm

Graf 1 Navržený nátěrový systém



- STANDARDNÍ NH: 60 μm
- STANDARDNÍ NH: 120 μm
- STANDARDNÍ NH: 120 μm

Graf 2 Standardní nátěrový systém

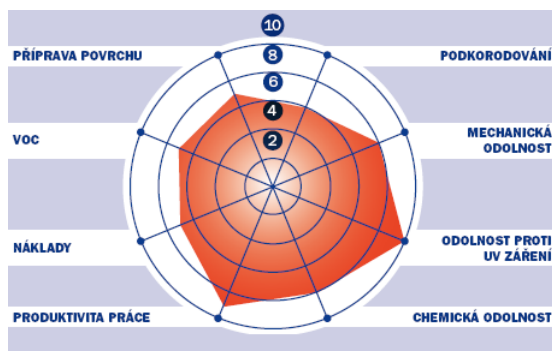
#### Příklad výpočtu teoretické spotřeby barvy HEMPADUR 17410

$$PCT = \frac{DFT \cdot A}{10 \cdot CS}$$

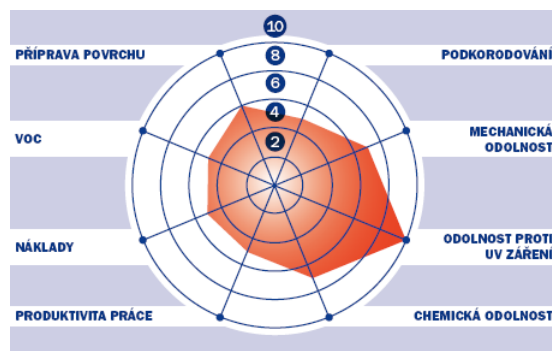
$$PCT = \frac{120 \cdot 5000}{10 \cdot 70,5}$$

$$PCT = \underline{851\ l}$$

Na Graf 3 a Graf 4 jsou diagramy srovnání vlastností mezi odlišnými typy nátěrových hmot. Každé kritérium je ohodnoceno desetibodovou stupnicí, kde číslo 10 představuje nejvyšší hodnotu. [19]



Graf 3 HEMPADUR HS 55610



Graf 4 Standardní nátěrová hmota

## 7.4 Jednotlivé vrstvy nátěrového systému

Pro přehled o jednotlivých vrstvách nátěrového systému jsem vytvořil grafy s minimální požadovanou tloušťkou suchého filmu. Každý graf (Graf 5, Graf 6, Graf 7) je tvořen otryskaným materiálem, na němž jsou nanесeny tři vrstvy nátěrů (základní, podkladový a vrchní) odpovídající konkrétním odstínům nátěrové hmoty.

## Vnější vrstvy nátěrového systému nosné konstrukce



Graf 5 Navržený vnější nátěrový systém s minimální předepsanou DFT

## Vnější vrstvy nátěrového systému jeřábové kočky



Graf 6 Navržený vnější nátěrový systém jeřábové kočky s minimální předepsanou DFT

## Vnitřní vrstva nátěrového systému (dutiny)



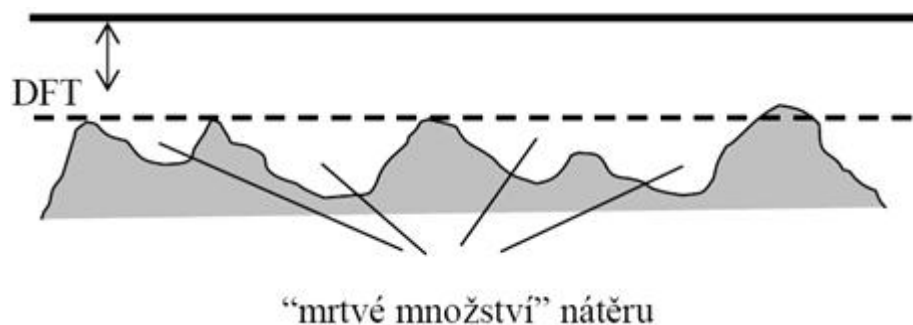
Graf 7 Navržený vnitřní nátěrový systém s minimální předepsanou DFT

## 7.5 Spotřeba nátěrových hmot

Při výpočtech vycházím také z aplikačních ztrát (Tab. 14) které se podílejí na spotřebě nátěrových hmot. Aplikační ztráty jsou ovlivněny:

- nerovnoměrnosti nátěru – až 20 %,
- drsnosti povrchu - „mrtvý objem“ – 5 %,
- tvarem povrchu, členitosti a rozměry.

“Mrtvé množství” je množství nátěru potřebné na vyplnění drsného podkladu vzniklého otryskáním (Obr. 14). V případě, kdy je tloušťka suchého filmu specifikovaná, je to tloušťka, kterou je nutno docílit bez ohledu na drsnost podkladu. Chceme-li určit skutečnou spotřebu nátěrové hmoty, je potřeba stanovit množství nátěrových hmot, které vyplní drsnost podkladu a toto množství připočítat ke skutečné spotřebě zvětšené o ztráty. [20, 21]



Obr. 14 Tloušťka suchého filmu a mrtvé množství

Tab. 14 Aplikační ztráty

Typ povrchu	Aplikační metoda	Podklad – nový materiál – tryskaný na Sa 2 1/2	
		Základní nátěr	Další vrstvy
		Ztráty [%]	
Velké plochy	Airless	30	25
	Vzduchové stříkání	40	35
	Váleček	35	30
Malé plochy	Airless	45	40
	Vzduchové stříkání	50	45
	Váleček - štětec	25	20
Příhradové konstrukce	Airless	85	85
	Štětec	20	20

### Příklad výpočtu

Při výpočtech daných hodnot jsem uvažoval minimální požadovanou tloušťku suchého nátěrového filmu a aplikační metodu airless spraying, která byla použita, při nanášení nátěrových hmot, z velké části. Níže uvedené výpočty jsou zohledněny na nátěrovou hmotu HEMPADUR 17410 (vnější části), v Tab. 15 jsou uvedeny výsledné hodnoty ostatních nátěrových hmot pro vnější i vnitřní části. Pro přehlednost jsem výsledky znázornil v grafech (Graf 8, Graf 9, Graf 10).

*Teoretická vydatnost [20]:*

$$TSR = \frac{CS \cdot 10}{DFT}$$

$$TSR = \frac{70,5 \cdot 10}{120}$$

$$TSR = \underline{5,9 \text{ m}^2 \cdot \text{l}^{-1}}$$

*Praktická vydatnost [21]:*

$$PSR = TSR \cdot ZF$$

$$ZF = 1 - \left( \frac{\text{ztráty [\%]}}{100} \right)$$

$$ZF = 1 - \left( \frac{30}{100} \right)$$

$$ZF = \underline{0,7}$$

$$PSR = TSR \cdot ZF$$

$$PSR = 5,9 \cdot 0,7$$

$$PSR = \underline{4,1 \text{ m}^2 \cdot \text{l}^{-1}}$$

*Teoretická spotřeba nátěrové hmoty [21]:*

$$PCT = \frac{DFT \cdot A}{10 \cdot CS}$$

$$PCT = \frac{120 \cdot 5437}{10 \cdot 70,5}$$

$$PCT = \underline{926 \text{ l}}$$

*Praktická spotřeba nátěrové hmoty [21]:*

$$PCP = \frac{PCT}{ZF}$$

$$PCP = \frac{926}{0,7}$$

$$PCP = \underline{1323 \text{ l}}$$

*Praktické náklady [21]:*

$$CP = \frac{DFT \cdot LP}{10 \cdot CS \cdot ZF}$$

$$CP = \frac{120 \cdot 289}{10 \cdot 70,5 \cdot 0,7}$$

$$CP = \underline{70 \text{ Kč/m}^2}$$

*Celkové náklady [21]:*

$$CN = CP \cdot A$$

$$CN = 70 \cdot 5437$$

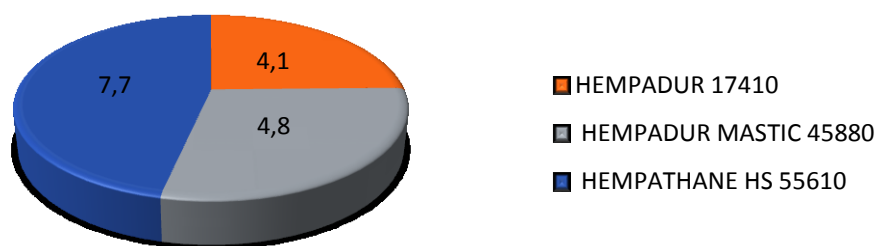
$$CN = \underline{380\,590 \text{ Kč}}$$

Tab. 15 Vypočtené vydatnosti nátěrových hmot

Barva	HEMPADUR 17410		HEMPADUR MASTIC 45880	HEMPATHANE HS 55610
Nanášecí části	Vnější části	Vnitřní části (dutiny)	Vnější části	Vnější části
<b>Teoretická vydatnost</b> [ $m^2 \cdot l^{-1}$ ]	5,9	5,9	6,4	10,3
<b>Ztrátový faktor</b>	0,7	0,7	0,75	0,75
<b>Praktická vydatnost</b> [ $m^2 \cdot l^{-1}$ ]	4,1	4,1	4,8	7,7
<b>Teoretická spotřeba nátěrové hmoty</b> [ <i>l</i> ]	926	357	856	527
<b>Praktická spotřeba nátěrové hmoty</b> [ <i>l</i> ]	1 323	481	1 141	703
<b>Praktické náklady</b> [Kč/ $m^2$ ]	70	70	76	63
<b>Celkové náklady</b> [Kč]	380 590	146 860	429 523	358 842
<b>Spotřeba celkem</b> [ <i>l</i> ]	3 648			
<b>Konečné náklady</b> [Kč]	1 315 815			

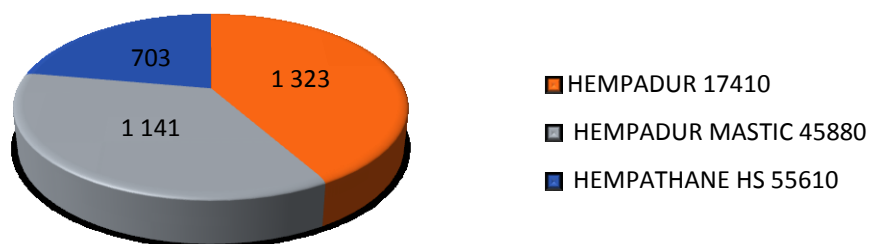


## Praktická vydatnost barev [ $\text{m}^2 \cdot \text{l}^{-1}$ ]



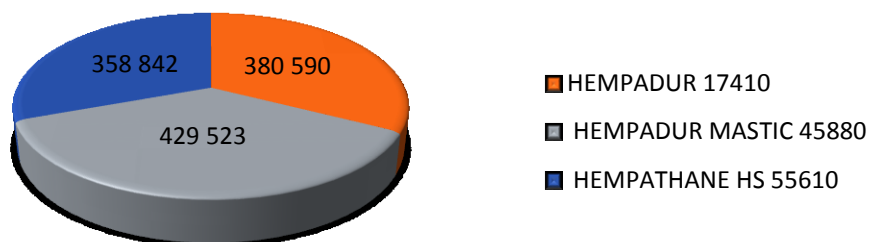
Graf 8 Srovnání výsledné vydatnosti

## Praktická spotřeba barev [l]



Graf 9 Srovnání výsledné spotřeby

## Celkové náklady [Kč]



Graf 10 Srovnání výsledných nákladů

## 7.6 Popis aplikačních podmínek

Podmínky, ve kterých jsou nátěrové hmoty nanášeny na povrch materiálu ovlivňují chování samotného nátěru, jeho dobu vytvrzování, apod. V níže uvedených tabulkách (Tab. 16, Tab. 17) jsou uvedeny aplikační podmínky, při kterých byly jednotlivé nátěry nanášeny. Podmínky jsou konkretizovány na třech kontrolních plochách, ze kterých se v následující kapitole zabývám kontrolou tloušťek filmu každého nátěru.

*Tab. 16 Podmínky při aplikaci nátěrů na kyvnou nohu*

<b>Barva</b>	Hempadur 17410	HEMPADUR MASTIC 45880	HEMPATHANE HS 55610
<b>Datum</b>	22. 2. 2010	23. 3. 2010	24. 2. 2010
<b>Místo</b>	dílna	dílna	dílna
<b>Teplota vzduchu [°C]</b>	8,6	8	8,5
<b>Relativní vlhkost [%]</b>	42,4	56,3	59,5
<b>Teplota povrchu [°C]</b>	3,6	5,6	6,5
<b>Rosný bod [°C]</b>	3,21	0,1	1,1
<b>Klimatické podmínky</b>	-	-	-

*Tab. 17 Podmínky při aplikaci nátěrů na nosníky*

<b>Barva</b>	Hempadur 17410	HEMPADUR MASTIC 45880	HEMPATHANE HS 55610
<b>Datum</b>	28. 5. 2010	29. 5. 2010	30. 5. 2010
<b>Místo</b>	venku	venku	venku
<b>Teplota vzduchu [°C]</b>	24,2	16,6	17,3
<b>Relativní vlhkost [%]</b>	36,6	63,7	62
<b>Teplota povrchu [°C]</b>	20,8	14,2	14,7
<b>Rosný bod [°C]</b>	9	9,6	9,8
<b>Klimatické podmínky</b>	polojasno	oblačno	oblačno

## 8 KONTROLA TLOUŠŤKY NÁTĚROVÉHO FILMU

Při kontrole tloušťky nátěrového filmu jsem se zaměřil na ocelovou mostní konstrukci, ze které jsem vybral tři kontrolní plochy (část kyvné nohy, střední díl 1, střední díl 2).

### 8.1 Kontrola mokrého nátěrového filmu

Během nanášení nátěrových hmot na otryskaný materiál probíhala průběžně kontrola WFT. Tloušťka mokrého nátěrového filmu se kontrolovala hřebenovou měrkou dle ČSN EN ISO 2808 (Obr. 15). Hodnoty uvedené v Tab. 18 jsou pouze informativní, aby v průběhu aplikace nátěrových hmot byla dodržena minimální tloušťka nátěru.



Obr. 15 Hřebenová měrka

Tab. 18 Orientační kontrola mokré vrstvy jednotlivých nátěrů

	Naměřená tloušťka mokrého filmu [ $\mu\text{m}$ ]		
Nátěrová hmota	HEMPADUR 17410	HEMPADUR MASTIC 45880	HEMPATHANE HS 55610
Kontrolní plocha 1	175	200	100
Kontrolní plocha 2	175	200	100
Kontrolní plocha 3	175	200	100

## 8.2 Kontrola suchého nátěrového filmu

Měření se provádělo tloušťkoměrem ELCOMETR 456 s přesností  $\pm 1\%$  dle ČSN EN ISO 2808 (Obr. 16). V následujících tabulkách (Tab. 19, Tab. 20, Tab. 21, Tab. 22, Tab. 23, Tab. 24, Tab. 25, Tab. 26, Tab. 27) jsou naměřené hodnoty pro jednotlivé kontrolní plochy s minimální, maximální a průměrnou hodnotou DFT. V případě kontrolní plochy 1 byla nátěrová hmota HEMPATANE HS 55610 změřena 150x, u zbývajících kontrol se měření provádělo 100x. Pro názornost jsou na obrázcích okótovány kontrolní plochy vrchního nátěru (Obr. 17, Obr. 18, Obr. 19).



*Obr. 16 Přístroj na měření suché tloušťky filmu*

Tab. 19 Naměřená DFT základního nátěru na KP 1

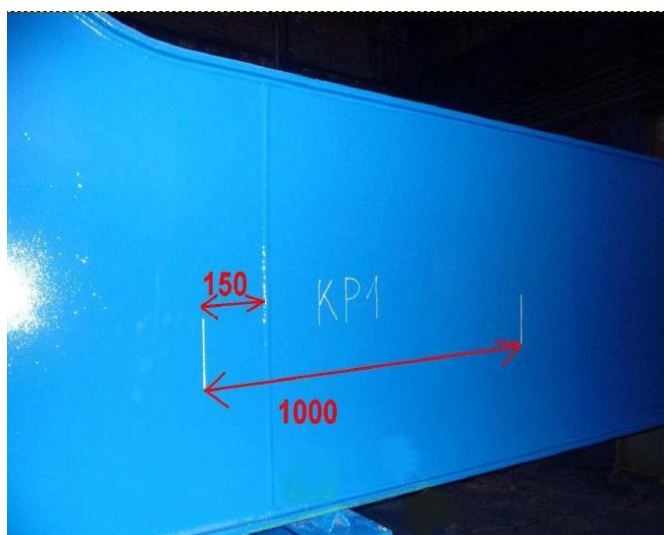
Počet měření [n]	DFT [μm]	Počet měření [n]	DFT [μm]	Počet měření [n]	DFT [μm]	Počet měření [n]	DFT [μm]
1.	174	26.	178	51.	125	76.	293
2.	136	27.	142	52.	154	77.	169
3.	293	28.	187	53.	136	78.	181
4.	118	29.	263	54.	276	79.	142
5.	166	30.	124	55.	149	80.	178
6.	220	31.	142	56.	131	81.	165
7.	179	32.	240	57.	262	82.	274
8.	179	33.	164	58.	138	83.	117
9.	145	34.	159	59.	116	84.	129
10.	270	35.	122	60.	122	85.	270
11.	141	36.	135	61.	217	86.	175
12.	166	37.	210	62.	266	87.	129
13.	157	38.	302	63.	120	88.	235
14.	118	39.	152	64.	224	89.	284
15.	280	40.	164	65.	111	90.	149
16.	159	41.	146	66.	135	91.	171
17.	163	42.	250	67.	143	92.	136
18.	189	43.	178	68.	269	93.	213
19.	241	44.	121	69.	148	94.	191
20.	160	45.	141	70.	144	95.	126
21.	130	46.	162	71.	231	96.	158
22.	310	47.	278	72.	157	97.	136
23.	130	48.	168	73.	248	98.	148
24.	275	49.	159	74.	143	99.	159
25.	249	50.	296	75.	127	100.	194
Minimální DFT [μm]				111			
Průměrná DFT [μm]				181			
Maximální DFT [μm]				310			

Tab. 20 Naměřená DFT mezivrstvy na KP 1

Počet měření [n]	DFT [μm]	Počet měření [n]	DFT [μm]	Počet měření [n]	DFT [μm]	Počet měření [n]	DFT [μm]
1.	204	26.	216	51.	225	76.	358
2.	397	27.	407	52.	211	77.	378
3.	355	28.	242	53.	266	78.	281
4.	371	29.	391	54.	325	79.	389
5.	279	30.	208	55.	315	80.	370
6.	315	31.	393	56.	395	81.	300
7.	354	32.	321	57.	317	82.	376
8.	388	33.	240	58.	293	83.	394
9.	271	34.	369	59.	317	84.	293
10.	340	35.	415	60.	354	85.	272
11.	411	36.	385	61.	204	86.	329
12.	216	37.	408	62.	373	87.	200
13.	327	38.	347	63.	231	88.	352
14.	289	39.	287	64.	303	89.	282
15.	267	40.	402	65.	255	90.	359
16.	257	41.	304	66.	280	91.	406
17.	416	42.	250	67.	343	92.	317
18.	240	43.	286	68.	237	93.	317
19.	337	44.	352	69.	260	94.	267
20.	397	45.	321	70.	243	95.	364
21.	292	46.	363	71.	350	96.	239
22.	357	47.	415	72.	390	97.	220
23.	308	48.	408	73.	302	98.	300
24.	375	49.	316	74.	287	99.	202
25.	277	50.	408	75.	239	100.	381
Minimální DFT [μm]				200			
Průměrná DFT [μm]				318			
Maximální DFT [μm]				416			

Tab. 21 Naměřená DFT vrchního nátěru na KP 1

Počet měření [n]	DFT [μm]	Počet měření [n]	DFT [μm]	Počet měření [n]	DFT [μm]	Počet měření [n]	DFT [μm]	Počet měření [n]	DFT [μm]	Počet měření [n]	DFT [μm]
1.	441	26.	584	51.	487	76.	423	101.	588	126.	333
2.	531	27.	498	52.	309	77.	545	102.	346	127.	592
3.	460	28.	412	53.	250	78.	523	103.	488	128.	498
4.	447	29.	444	54.	524	79.	400	104.	476	129.	361
5.	313	30.	323	55.	581	80.	392	105.	430	130.	446
6.	520	31.	589	56.	456	81.	532	106.	487	131.	277
7.	572	32.	433	57.	458	82.	269	107.	476	132.	577
8.	308	33.	424	58.	544	83.	478	108.	302	133.	491
9.	478	34.	321	59.	525	84.	570	109.	594	134.	457
10.	515	35.	541	60.	444	85.	524	110.	300	135.	390
11.	349	36.	509	61.	304	86.	260	111.	533	136.	477
12.	514	37.	369	62.	324	87.	528	112.	552	137.	513
13.	305	38.	459	63.	458	88.	387	113.	477	138.	272
14.	591	39.	582	64.	478	89.	542	114.	307	139.	520
15.	470	40.	522	65.	554	90.	343	115.	370	140.	552
16.	331	41.	274	66.	417	91.	456	116.	591	141.	466
17.	537	42.	501	67.	406	92.	477	117.	295	142.	239
18.	538	43.	480	68.	549	93.	506	118.	544	143.	499
19.	491	44.	287	69.	254	94.	309	119.	481	144.	546
20.	318	45.	469	70.	527	95.	502	120.	391	145.	569
21.	496	46.	523	71.	569	96.	583	121.	471	146.	494
22.	513	47.	554	72.	529	97.	258	122.	486	147.	583
23.	419	48.	560	73.	495	98.	492	123.	376	148.	428
24.	269	49.	555	74.	292	99.	531	124.	489	149.	354
25.	566	50.	358	75.	473	100.	512	125.	540	150.	398
Minimální DFT [μm]		239									
Průměrná DFT [μm]		454									
Maximální DFT [μm]		594									



Obr. 17 Kontrolní plocha 1

Tab. 22 Naměřená DFT základního nátěru na KP 2

Počet měření [n]	DFT [μm]	Počet měření [n]	DFT [μm]	Počet měření [n]	DFT [μm]	Počet měření [n]	DFT [μm]
1.	142	26.	175	51.	171	76.	100
2.	194	27.	183	52.	166	77.	193
3.	176	28.	180	53.	169	78.	154
4.	110	29.	187	54.	191	79.	190
5.	175	30.	151	55.	134	80.	191
6.	178	31.	164	56.	167	81.	163
7.	141	32.	197	57.	138	82.	112
8.	172	33.	144	58.	163	83.	121
9.	199	34.	104	59.	194	84.	164
10.	166	35.	188	60.	176	85.	187
11.	195	36.	164	61.	183	86.	176
12.	115	37.	135	62.	138	87.	141
13.	194	38.	202	63.	162	88.	200
14.	181	39.	121	64.	158	89.	168
15.	98	40.	166	65.	153	90.	201
16.	144	41.	161	66.	127	91.	178
17.	125	42.	138	67.	180	92.	133
18.	176	43.	163	68.	194	93.	167
19.	122	44.	169	69.	201	94.	123
20.	193	45.	173	70.	101	95.	129
21.	168	46.	137	71.	154	96.	183
22.	172	47.	191	72.	194	97.	141
23.	165	48.	157	73.	201	98.	192
24.	142	49.	116	74.	105	99.	159
25.	139	50.	173	75.	196	100.	155
Minimální DFT [μm]			98				
Průměrná DFT [μm]			162				
Maximální DFT [μm]			202				

Tab. 23 Naměřená DFT mezivrstvy na KP 2

Počet měření [n]	DFT [μm]	Počet měření [n]	DFT [μm]	Počet měření [n]	DFT [μm]	Počet měření [n]	DFT [μm]
1.	202	26.	387	51.	214	76.	294
2.	260	27.	218	52.	309	77.	317
3.	333	28.	410	53.	308	78.	318
4.	236	29.	251	54.	290	79.	312
5.	201	30.	460	55.	249	80.	490
6.	413	31.	220	56.	244	81.	247
7.	303	32.	274	57.	494	82.	254
8.	198	33.	295	58.	383	83.	226
9.	327	34.	436	59.	296	84.	294
10.	327	35.	318	60.	314	85.	426
11.	213	36.	226	61.	290	86.	334
12.	213	37.	205	62.	418	87.	417
13.	225	38.	378	63.	217	88.	403
14.	374	39.	231	64.	333	89.	442
15.	269	40.	319	65.	381	90.	234
16.	447	41.	460	66.	300	91.	290
17.	452	42.	360	67.	269	92.	353
18.	483	43.	307	68.	370	93.	294
19.	343	44.	260	69.	202	94.	444
20.	263	45.	329	70.	460	95.	266
21.	265	46.	481	71.	202	96.	281
22.	198	47.	255	72.	419	97.	456
23.	424	48.	203	73.	216	98.	333
24.	301	49.	403	74.	377	99.	312
25.	335	50.	488	75.	273	100.	357
Minimální DFT [μm]			198				
Průměrná DFT [μm]			320				
Maximální DFT [μm]			494				

Tab. 24 Naměřená DFT vrchního nátěru na KP 2

Počet měření [n]	DFT [μm]	Počet měření [n]	DFT [μm]	Počet měření [n]	DFT [μm]	Počet měření [n]	DFT [μm]
1.	432	26.	436	51.	591	76.	347
2.	327	27.	674	52.	470	77.	493
3.	641	28.	402	53.	560	78.	392
4.	314	29.	436	54.	574	79.	593
5.	308	30.	335	55.	519	80.	291
6.	477	31.	423	56.	543	81.	628
7.	632	32.	492	57.	650	82.	414
8.	475	33.	316	58.	558	83.	295
9.	452	34.	503	59.	359	84.	662
10.	490	35.	399	60.	335	85.	454
11.	702	36.	304	61.	304	86.	282
12.	647	37.	311	62.	580	87.	508
13.	322	38.	304	63.	407	88.	634
14.	644	39.	450	64.	562	89.	431
15.	357	40.	328	65.	554	90.	452
16.	336	41.	464	66.	502	91.	376
17.	446	42.	659	67.	580	92.	335
18.	500	43.	426	68.	362	93.	275
19.	657	44.	326	69.	443	94.	435
20.	287	45.	518	70.	296	95.	276
21.	394	46.	649	71.	378	96.	360
22.	437	47.	424	72.	567	97.	487
23.	644	48.	293	73.	633	98.	407
24.	318	49.	336	74.	314	99.	681
25.	530	50.	308	75.	600	100.	367
Minimální DFT [μm]			198				
Průměrná DFT [μm]			454				
Maximální DFT [μm]			512				



Obr. 18 Kontrolní plocha 2

Tab. 25 Naměřená DFT základního nátěru na KP 3



Počet měření [n]	DFT [μm]	Počet měření [n]	DFT [μm]	Počet měření [n]	DFT [μm]	Počet měření [n]	DFT [μm]
1.	169	26.	267	51.	315	76.	186
2.	323	27.	317	52.	142	77.	308
3.	324	28.	176	53.	318	78.	121
4.	297	29.	272	54.	164	79.	341
5.	229	30.	328	55.	327	80.	350
6.	333	31.	135	56.	233	81.	140
7.	307	32.	276	57.	335	82.	258
8.	212	33.	309	58.	236	83.	258
9.	236	34.	330	59.	334	84.	275
10.	219	35.	253	60.	256	85.	278
11.	318	36.	340	61.	262	86.	156
12.	308	37.	146	62.	294	87.	363
13.	230	38.	352	63.	214	88.	360
14.	297	39.	148	64.	182	89.	177
15.	361	40.	252	65.	268	90.	244
16.	320	41.	157	66.	341	91.	217
17.	300	42.	259	67.	224	92.	136
18.	149	43.	357	68.	150	93.	138
19.	220	44.	354	69.	293	94.	278
20.	271	45.	372	70.	223	95.	370
21.	238	46.	249	71.	305	96.	160
22.	134	47.	190	72.	220	97.	347
23.	179	48.	147	73.	213	98.	375
24.	333	49.	250	74.	288	99.	341
25.	125	50.	270	75.	308	100.	285
Minimální DFT [μm]				121			
Průměrná DFT [μm]				258			
Maximální DFT [μm]				375			

Tab. 26 Naměřená DFT mezivrstvy na KP 3

Počet měření [n]	DFT [μm]	Počet měření [n]	DFT [μm]	Počet měření [n]	DFT [μm]	Počet měření [n]	DFT [μm]
1.	297	26.	252	51.	493	76.	498
2.	506	27.	428	52.	278	77.	309
3.	267	28.	246	53.	229	78.	280
4.	297	29.	432	54.	491	79.	324
5.	310	30.	230	55.	306	80.	264
6.	320	31.	239	56.	302	81.	210
7.	198	32.	269	57.	227	82.	482
8.	368	33.	308	58.	296	83.	256
9.	263	34.	288	59.	382	84.	443
10.	267	35.	489	60.	459	85.	279
11.	300	36.	214	61.	251	86.	256
12.	228	37.	384	62.	279	87.	463
13.	433	38.	249	63.	509	88.	238
14.	433	39.	461	64.	306	89.	350
15.	369	40.	251	65.	231	90.	303
16.	304	41.	356	66.	250	91.	508
17.	459	42.	512	67.	386	92.	229
18.	323	43.	204	68.	212	93.	247
19.	245	44.	265	69.	456	94.	504
20.	370	45.	323	70.	244	95.	282
21.	307	46.	303	71.	333	96.	251
22.	394	47.	270	72.	378	97.	327
23.	296	48.	492	73.	418	98.	320
24.	237	49.	413	74.	297	99.	261
25.	456	50.	255	75.	254	100.	399
Minimální DFT [μm]				198			
Průměrná DFT [μm]				329			
Maximální DFT [μm]				512			

Tab. 27 Naměřená DFT vrchního nátěru na KP 3

Počet měření [n]	DFT [μm]	Počet měření [n]	DFT [μm]	Počet měření [n]	DFT [μm]	Počet měření [n]	DFT [μm]
1.	310	26.	259	51.	264	76.	313
2.	352	27.	461	52.	350	77.	252
3.	614	28.	317	53.	273	78.	342
4.	309	29.	525	54.	354	79.	254
5.	338	30.	332	55.	291	80.	323
6.	348	31.	278	56.	338	81.	323
7.	306	32.	299	57.	327	82.	329
8.	312	33.	446	58.	356	83.	253
9.	285	34.	359	59.	659	84.	483
10.	596	35.	269	60.	299	85.	352
11.	325	36.	320	61.	353	86.	359
12.	260	37.	583	62.	319	87.	346
13.	261	38.	279	63.	352	88.	311
14.	563	39.	269	64.	294	89.	342
15.	266	40.	640	65.	327	90.	322
16.	294	41.	253	66.	304	91.	280
17.	766	42.	258	67.	286	92.	733
18.	256	43.	344	68.	566	93.	291
19.	258	44.	268	69.	349	94.	266
20.	251	45.	497	70.	342	95.	284
21.	249	46.	331	71.	280	96.	305
22.	374	47.	356	72.	273	97.	250
23.	256	48.	356	73.	269	98.	598
24.	619	49.	282	74.	500	99.	339
25.	277	50.	760	75.	825	100.	347
Minimální DFT [μm]				249			
Průměrná DFT [μm]				361			
Maximální DFT [μm]				825			



Obr. 19 Kontrolní plocha 3

## 9 VYHODNOCENÍ

V závěrečné kapitole se zabývám vyhodnocením otryskaného povrchu kyvné nohy a středních dílů mostní konstrukce (Obr. 20, Obr. 22, Obr. 24), dále vyhodnocením tloušťky suchého nátěrového filmu jednotlivých nátěrů. Pomocí vizuální a dotykové kontroly dle Rugotestu No. 3 jsem díly vyhodnotil na stupeň otryskání Sa 2½ (Obr. 21, Obr. 23, Obr. 25). Při vyhodnocení tloušťek suchého filmu jsem vycházel z naměřených hodnot, které jsem zapsal do tabulek s vypočteným minimem, průměrem a maximem. Tyto hodnoty jsem znázornil v grafech (Graf 11, Graf 12, Graf 13, Graf 14, Graf 15, Graf 16, Graf 17, Graf 18, Graf 19).

### 9.1 Vyhodnocení otryskaného povrchu



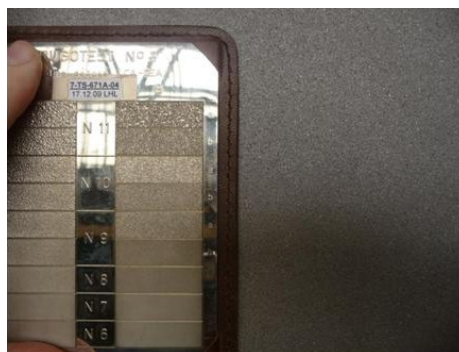
Obr. 20 Otryskaná kyvná noha



Obr. 21 Stupeň otryskání Sa 2½ , drsnost BN10



Obr. 22 Otryskaný nosník 1



Obr. 23 Stupeň otryskání Sa 2½ , drsnost BN10

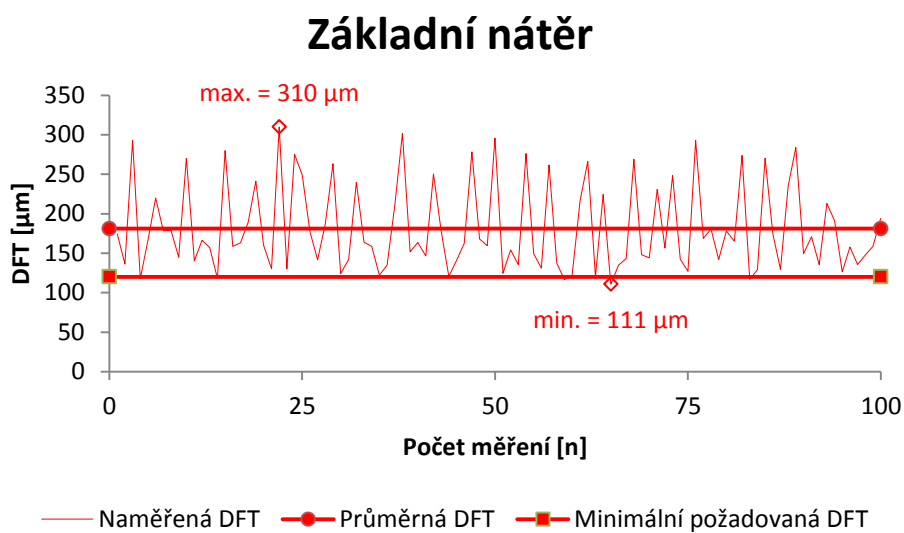


Obr. 24 Otryskaný nosník 2



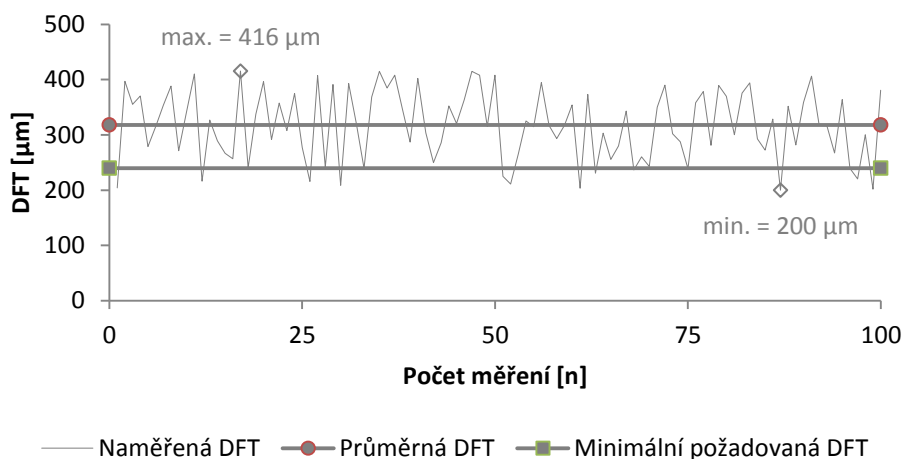
Obr. 25 Stupeň otryskání Sa 2½, drsnost BN10

## 9.2 Vyhodnocení suché tloušťky nátěrového filmu



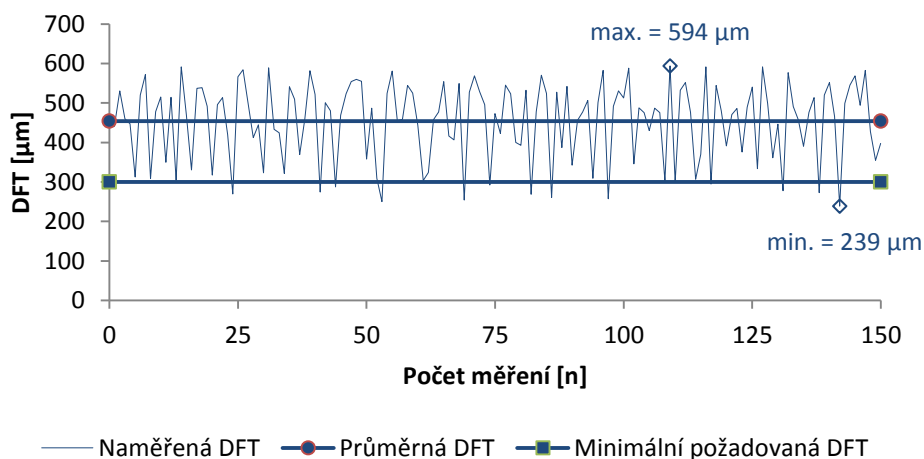
Graf 11 Naměřená tloušťka suchého filmu barvy HEMPADUR 17410 na KP 1

## Mezivrstva



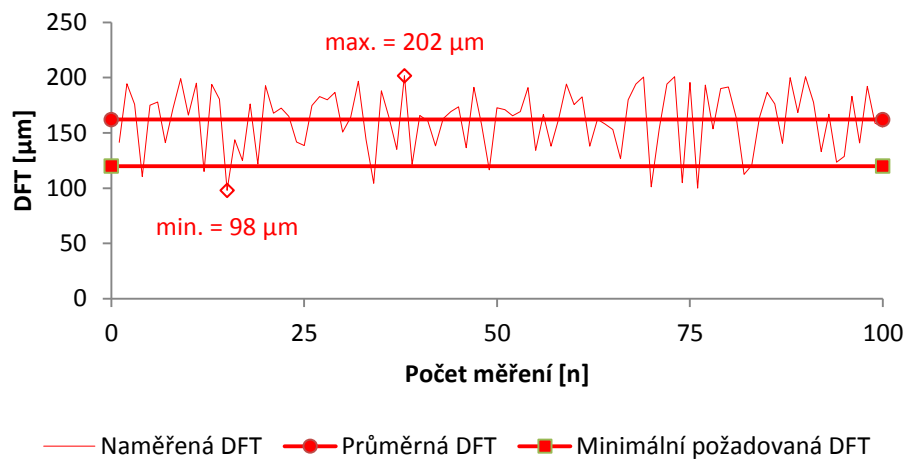
Graf 12 Naměřená tloušťka suchého filmu barvy HEMPADUR MASTIC 45880 na KP 1

## Vrchní nátěr



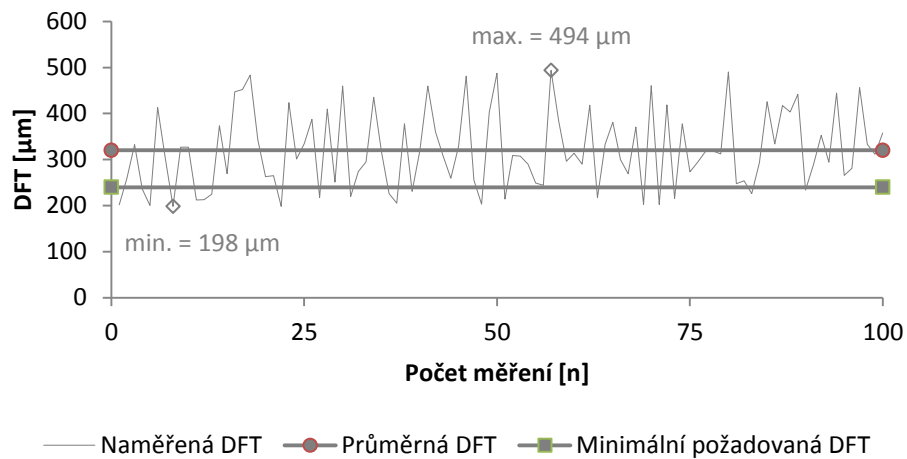
Graf 13 Naměřená tloušťka suchého filmu barvy HEMPATANE HS 55610 na KP 1

## Základní nátěr



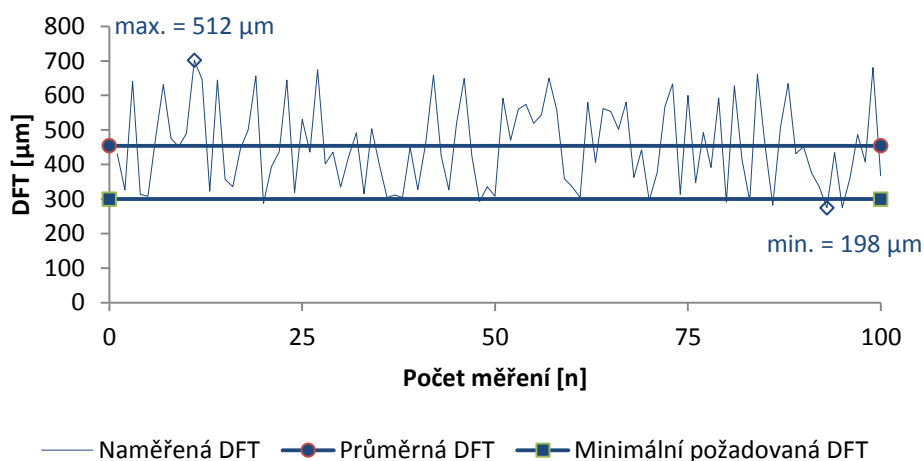
Graf 14 Naměřená tloušťka suchého filmu barvy HEMPADUR 17410 na KP 2

## Mezivrstva



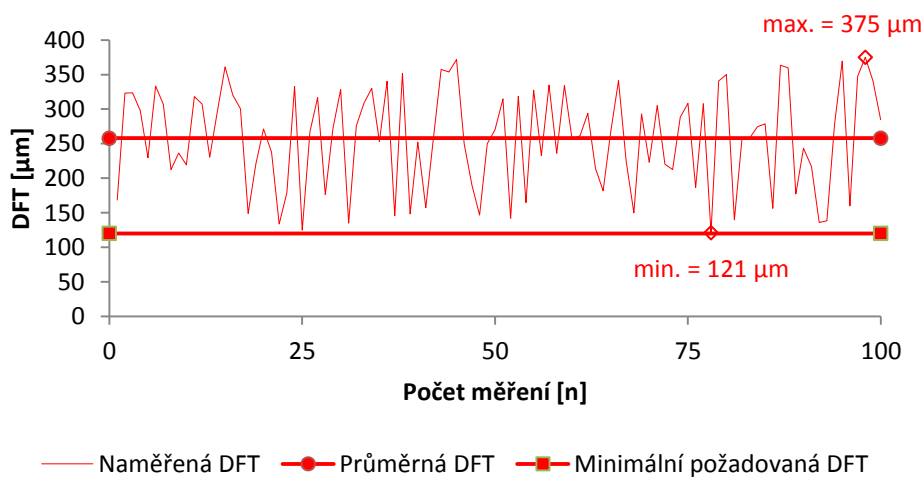
Graf 15 Naměřená tloušťka suchého filmu barvy HEMPADUR MASTIC 45880 na KP 2

## Vrchní nátěr



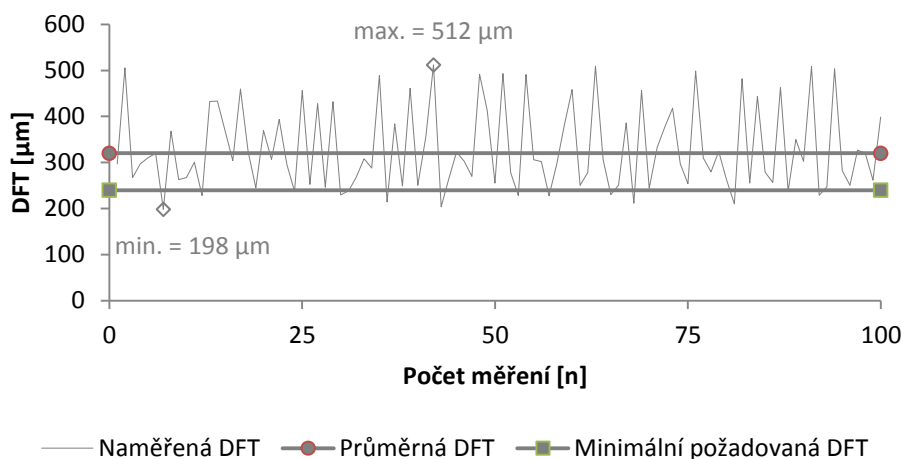
Graf 16 Naměřená tloušťka suchého filmu barvy HEMPATHANE HS 55610 na KP 2

## Základní nátěr



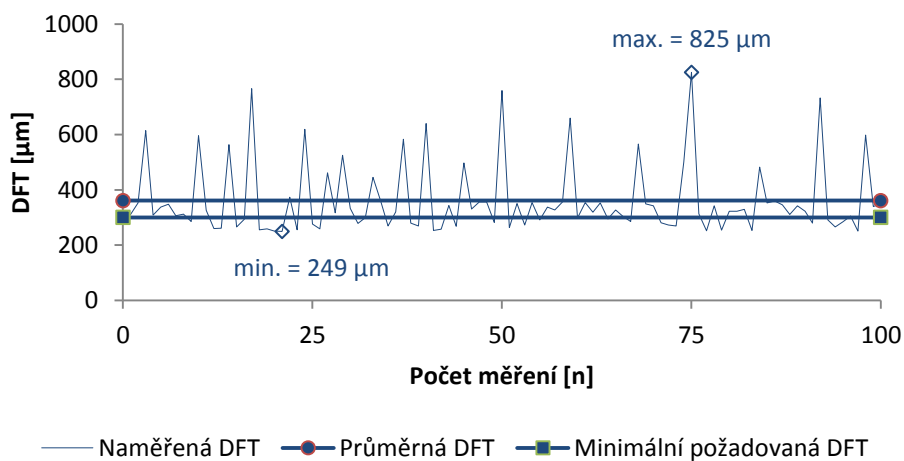
Graf 17 Naměřená tloušťka suchého filmu barvy HEMPADUR 17410 na KP 3

## Mezivrstva



Graf 18 Naměřená tloušťka suchého filmu barvy HEMPADUR MASTIC 45880 na KP 3

## Vrchní nátěr



Graf 19 Naměřená tloušťka suchého filmu barvy HEMPATANE HS 55610 na KP 3



## 10 ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývá návrhem povrchové úpravy skládkového jeřábu, který nahradil jeden ze tří jeřábu, jenž byl revizí techniky uznán jako nevyhovující. Jeřáb se nachází na provozu aglomerace v podniku Třinecké železářny, a.s. a jeho úkolem je přeprava jednotlivých komponentů aglomerátů a vysokopecní vsázky. Nový jeřáb byl vyroben v mechanických dílnách firmy Strojírny Třinec, a.s., pro výrobu základních celků nosné ocelové konstrukce jeřábu byl použit materiál S355J2N dle EN 10025, tento typ oceli koroduje v atmosférických podmínkách několik desetin milimetrů za rok. Výhodou tohoto materiálu je neměnnost mechanických vlastností po jakémkoli tepelném zpracování, což je důležité zejména u dynamicky namáhaných svařovaných konstrukcí, jako je portálový skládkový jeřáb.

V úvodní části diplomové práce jsou popsány základní informace o podniku Třinecké železářny, a.s. a také charakteristika firmy Strojírny Třinec, a.s., kde mi bylo umožněno dané téma zpracovávat. V následující kapitole je uveden popis skládkového jeřábu s jeho jednotlivými komponenty a popis místa, ve kterém jeřáb vykonává danou práci. Před zahájením návrhu povrchové úpravy bylo nutné charakterizovat prostředí, ve kterém se jeřáb nachází. Dle ČSN EN ISO 12 944 jsem určil korozní prostředí skládkového jeřábu na stupeň C5 – I (průmyslové prostředí s vysokou vlhkostí a agresivní atmosférou). Tomuto stupni odpovídá úbytek hmotnosti materiálu  $> 650 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$  až  $1500 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$  a úbytek tloušťky materiálu  $> 80 \text{ } \mu\text{m}$  až  $200 \text{ } \mu\text{m}$  za rok. Podstatou práce je návrh povrchové úpravy skládkového jeřábu, který odpovídá zavedené technologii ve firmě. Ochrana povrchu materiálu byla provedena nátěry od firmy HEMPEL, navržený třívrstvý nátěrový systém byl složen z chemicky vytvrzujících barev HEMPADUR 17410 s minimální požadovanou tloušťkou suchého filmu  $120 \text{ } \mu\text{m}$ , HEMPADUR MASTIC 45880 s minimální požadovanou DFT  $120 \text{ } \mu\text{m}$ , HEMPATANE HS 55610 s minimální požadovanou DFT  $60 \text{ } \mu\text{m}$ . Minimální požadovaná tloušťka suchého nátěrového systému pro vnější části činila  $300 \text{ } \mu\text{m}$  a pro vnitřní části byl navržen jednovrstvý systém hmotou HEMPADUR 17410 jehož minimální suchá tloušťka byla  $125 \text{ } \mu\text{m}$ . Stupeň otryskání před nanášením hmot byl požadován na Sa 2 ½. Příprava povrchu, která je nezbytná a velmi důležitá pro aplikaci nátěrových hmot byla provedena emulzním odmaštěním ocelových konstrukcí.

Odmašťovací prostředek Aquatex AQ, který byl použit byl naředěn v poměru 1:20, nanášel se nástřikem a poté vytřel do čista. Dalším procesem pro přípravy povrchu bylo abrazivní otryskání jednotlivých dílů. Pro tento úkol byl použit tlakový tryskací systém užívaný u mobilních tlakových jednotek. Jako otryskávací materiál bylo použito ekologické pískové abrazivo AMT ® 2 standart. K odstranění prachu a nečistot se použil stlačený vzduch. Při vyhodnocení otryskaného povrchu ocelové mostní konstrukce jsem použil komparátor Rugotest a určil jsem dle ISO 8501 – 1 stupeň otryskaných komponentů na Sa 2 ½, což odpovídá požadavku.

Aplikace nátěrových hmot byla z velké části provedena vysokotlakým bezvzduchovým nástřikem a menší opravy pak štětcem. V práci jsou uvedeny základní informace o nátěrových hmotách (fyzikální údaje, doba schnutí, údaje pro nanášení). Provedl jsem také srovnání navrženého nátěrového systému se standardním systémem a zjistil jsem, že se v případě navrženého třívrstvého systému spotřebuje o 27,8 % méně nátěrové hmoty a uvolní se do ovzduší o 57 % méně organických těkavých látek. V diplomové práci jsem také spočítal celkovou spotřebu, která činí 3 648 litrů a konečné náklady 1 315 815. Tyto hodnoty byly vypočteny s ohledem na minimální požadovanou tloušťku suchého filmu. Pro přehlednost jsem z výpočtu sestrojil grafy praktické vydatnosti barev, praktické spotřeby barev a celkových nákladů.

Kontrola nátěrových hmot byla provedena dle ČSN EN ISO 2808 hřebenovou měrkou na mokrou tloušťku filmu a tloušťkoměrem ELCOMETER 456 na suchou tloušťku filmu. Měření se provádělo na třech kontrolních plochách (část kyvné nohy, nosník 1, nosník 2). Předepsaná tloušťka 300  $\mu m$  byla uvažovaná jako minimální, tato podmínka měla za následek navýšení nominální tloušťky na cca 370  $\mu m$  což vedlo k navýšení ceny nátěru. Při kontrole tloušťky mokré vrstvy byly naměřeny tyto hodnoty: základní nátěr 175  $\mu m$ , mezivrstva 200  $\mu m$ , vrchní nátěr 100  $\mu m$ . Při kontrole suché tloušťky nátěrového filmu byla část kyvné nohy s barvou HEMPATANE HS 55610 měřena 150 x, u zbývajících měření pak 100 x. Při kontrole suché tloušťky nátěru kontrolních ploch byly zjištěny minimální, maximální a průměrné hodnoty.

U základního nátěru kyvné nohy jeřábu se hodnoty pohybovaly od 111  $\mu m$  do 310  $\mu m$  s průměrnou hodnotou 181  $\mu m$ . Mezivrstva měla rozmezí od 200  $\mu m$  do 416  $\mu m$  s průměrem 318  $\mu m$  a tloušťka vrchního nátěru měla minimální hodnotu 239  $\mu m$ , maximální 594  $\mu m$  a průměrná hodnota byla 454  $\mu m$ .

V případě základního nátěru nosníku 1 se hodnoty kolísaly od 98  $\mu\text{m}$  do 202  $\mu\text{m}$  s průměrnou hodnotou 162  $\mu\text{m}$ . Mezivrstva měla rozmezí od 198  $\mu\text{m}$  do 494  $\mu\text{m}$  s průměrem 320  $\mu\text{m}$  a tloušťka vrchního nátěrů měla minimální hodnotu 198  $\mu\text{m}$ , maximální 512  $\mu\text{m}$  a průměrná hodnota byla 454  $\mu\text{m}$ .

U základního nátěru nosníku 2 se hodnoty pohybovaly od 121  $\mu\text{m}$  do 375  $\mu\text{m}$  s průměrnou hodnotou 258  $\mu\text{m}$ . Mezivrstva měla rozmezí od 198  $\mu\text{m}$  do 329  $\mu\text{m}$  s průměrem 329  $\mu\text{m}$  a tloušťka vrchního nátěrů měla minimální hodnotu 249  $\mu\text{m}$ , maximální 825  $\mu\text{m}$  a průměrná hodnota byla 361  $\mu\text{m}$ .

Průměrné hodnoty suché tloušťky nátěrů kontrolních ploch byly větší než minimální předepsaná tloušťka jednotlivých nátěrů, což je vyhovující. Některé naměřené hodnoty se však pohybovaly vysoko nad předepsanou hodnotou tloušťky nátěru, to by mohlo vést k praskání nátěru a následné opravě otryskáním nátěru a opětovné aplikaci nátěru. Pro lepší přehlednost jsou v závěrečné kapitole sestrojeny grafy s naměřenou tloušťkou suchého nátěrového filmu s vyznačenými minimy a maximy příslušné nátěrové hmoty. Graf znázorňuje také průměrnou naměřenou hodnotou a minimální požadovanou hodnotou suchého filmu.

*Děkuji vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Jitce Podjuklové, CSc. a Ing. Lubomíru Mieszkovi za odborné vedení a konzultace při zpracování práce. Dále také děkuji technologovi povrchových úprav panu Jaromírovi Veličkovi za cenné informace a podklady.*

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ŠTALMACH, Darek. *IDNES.cz* [online]. 5.prosince 2010 [cit. 2011-01-4]. Třinecké železářny dohánějí Mittal. Měření škodlivin nepovažují za přesné. Dostupné z WWW: <[http://ostrava.idnes.cz/trinecke-zelezarny-dohaneji-mittal-mereni-skodlivin-nepovazuji-za-presne-1tr-/ostrava-zpravy.asp?c=A101202\\_1492655\\_ostrava-zpravy\\_itu](http://ostrava.idnes.cz/trinecke-zelezarny-dohaneji-mittal-mereni-skodlivin-nepovazuji-za-presne-1tr-/ostrava-zpravy.asp?c=A101202_1492655_ostrava-zpravy_itu)>.
- [2] *Strojírny Třinec* [online]. Třinec : 2011 [cit. 2011-01-6]. Organizační struktura. Dostupné z WWW: <<http://www.strojirnytrinec.cz/cz/index.php?page=struktura&id=4&PHPSESSID=321c8aec5ea6968e41da94ee0fb9ed3d>>.
- [3] MIESZEK, Lubomír. *Návrh výroby skládkového jeřábu pro přípravu vysokopevní vsázky ve firmě Strojírny Třinec, a.s.* Třinec, 2010. 70 s. Diplomová práce. Vysoká škola báňská - technická univerzita Ostrava, FS, Katedra obrábění a montáže. Dostupné z WWW: <<http://dspace.vsb.cz/handle/10084/81184>>.
- [4] SALZGITTE, *www.salzgitter.cz* [online]. 10. 12. 2009 [cit. 2011-01-12]. Aktuality. Dostupné z WWW: <<http://www.salzgitter.cz/index.php?page=2>> .
- [5] ČSN EN ISO 12 944. *Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy..* Český normalizační institut, 2008.
- [6] CHEDOKO, *www.chedo.cz* [online]. Verze 1.0. 1999 [cit. 2011-02-02]. Předúprava ocelových povrchů. Dostupné z WWW: <<http://www.chedo.cz/kat/Preduprava--ocelovych---povrchu-440/>>.
- [7] MOHYLA, Miroslav . *Koroze a povrchové úpravy kovů ve strojírenství*. 1. vydání. Ostrava : [s.n.], 1981. 214 s.
- [8] XINTEX, *www.xintex-group.com* [online]. 2010 [cit. 2011-02-019]. Aquatex - AQ. Dostupné z WWW: <[http://www.xintex-group.com/xintex%20printgo/download/Datasheet/1/xintex\\_cs\\_aq\\_PDS.pdf](http://www.xintex-group.com/xintex%20printgo/download/Datasheet/1/xintex_cs_aq_PDS.pdf)>.

- [9] GDS, [www.tryskani-piskovani.gds.cz](http://www.tryskani-piskovani.gds.cz) [online]. 2009 [cit. 2011-02-25]. Tryskací systémy. Dostupné z WWW: <<http://tryskani-piskovani.gds.cz/tryskaci-systemy>>.
- [10] GAMIN, [www.gamin.cz](http://www.gamin.cz) [online]. 1999 [cit. 2011-03-25]. Přenosné tryskací zařízení. Dostupné z WWW: <<http://www.gamin.cz/katalog/tryskaci-technika-a-abrazivo/prenosne-tryskaci-zarizeni>>.
- [11] SPOLMONT, [www.splomont.cz](http://www.splomont.cz) [online]. 2011 [cit. 2011-03-25]. Mobilní jednotky pro volné tryskání. Dostupné z WWW: <[http://www.spolmont.cz/sortiment/tlakovzduarne-tryskaci-zarizeni/mobilni-jednotky-pro-volne-tryskani-zakladni-rada\\_cz.html](http://www.spolmont.cz/sortiment/tlakovzduarne-tryskaci-zarizeni/mobilni-jednotky-pro-volne-tryskani-zakladni-rada_cz.html)> .
- [12] TRYMAT, [www.trymat.cz](http://www.trymat.cz) [online]. 2005 [cit. 2011-04-04]. Dostupné z WWW: <<http://www.trymat.cz/index.php?language=1&m=3>>.
- [13] ČSN EN ISO 8501-1. *Příprava ocelových povrchů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků – Vizuální vyhodnocení čistoty povrchu*. Český normalizační institut, 2007.
- [14] HEMPEL, [www.hempel.cz](http://www.hempel.cz) [online]. 2010 [cit. 2011-04-01]. Dostupné z WWW: <[http://www.hempel.cz/Internet/IneCZC.nsf/8fef8e51f0b0712a0c256bf8007082b8/68fc01964e60f319c125786c00290387/\\$FILE/ISO\\_BROCHURE\\_CZ.pdf](http://www.hempel.cz/Internet/IneCZC.nsf/8fef8e51f0b0712a0c256bf8007082b8/68fc01964e60f319c125786c00290387/$FILE/ISO_BROCHURE_CZ.pdf)>.
- [15] [www.google.com](http://www.google.com) [online]. [cit. 2011-04-04]. Airless. Dostupné z WWW: <<http://www.google.cz/search?q=airless&oe=utf-8&rls=org.mozilla:cs:official&client=firefox-a&um=1&ie=UTF-8&tbm=isch&source=og&sa=N&hl=cs&tab=wi&biw=1280&bih=610>>.
- [16] HEMPEL, [www.hemepl.cz](http://www.hemepl.cz) [online]. [cit. 2011-04-010]. Dostupné z WWW: <[http://www.hempel.cz/internet/inecz\\_datasheet.nsf/vALLBYDOCID2/A3D13610904F9C14C12576110023F32B/\\$file/PDS\\_17410\\_CZ.pdf](http://www.hempel.cz/internet/inecz_datasheet.nsf/vALLBYDOCID2/A3D13610904F9C14C12576110023F32B/$file/PDS_17410_CZ.pdf)>.
- [17] HEMPEL, [www.hemepl.cz](http://www.hemepl.cz) [online]. [cit. 2011-05-04]. Dostupné z WWW: <[http://www.hempel.cz/internet/inecz\\_datasheet.nsf/vALLBYDOCID2/274D3D3C5D685068C1256C6700559318/\\$file/45880-1ai.pdf](http://www.hempel.cz/internet/inecz_datasheet.nsf/vALLBYDOCID2/274D3D3C5D685068C1256C6700559318/$file/45880-1ai.pdf)>.

- [18] HEMPEL, [www.hemepl.cz](http://www.hemepl.cz) [online]. [cit. 2011-05-04]. Dostupné z WWW: <[http://www.hempel.cz/internet/inecz\\_datasheet.nsf/vALLBYDOCID2/1E73F5C5CE67506DC12571CC00281FC1/\\$file/PDS\\_55610\\_CZ.pdf](http://www.hempel.cz/internet/inecz_datasheet.nsf/vALLBYDOCID2/1E73F5C5CE67506DC12571CC00281FC1/$file/PDS_55610_CZ.pdf)>.
- [19] HEMPEL, [www.hemepl.cz](http://www.hemepl.cz) [online]. [cit. 2011-05-06]. Dostupné z WWW: <[http://www.hempelweekend.com/Docs/cs/CZ-Brozura\\_HEMPATHANE\\_HS\\_55610.pdf](http://www.hempelweekend.com/Docs/cs/CZ-Brozura_HEMPATHANE_HS_55610.pdf)>.
- [20] DORNIČÁK, Vít. *Protikorozi ochrana ocelových konstrukcí nátěrovými systémy : školení PKO*. 30. 9. 2009. 75 s.
- [21] ATRYX s.r.o., [www.atrix.cz](http://www.atrix.cz) [online]. 2008 [cit. 2011-04-012]. Praktická příručka. Dostupné z WWW: <<http://www.atrix.cz/prakticka-prirucka/>>.
- [22] ČSN EN ISO 2808. *Nátěrové hmoty – stanovení tloušťky nátěru*. Český normalizační institut, 2007.

# SEZNAMY

## Seznam obrázků

OBR. 1 LETECKÝ POHLED NA TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY [1]	10
OBR. 2 ORGANIZAČNÍ STRUKTURA STROJÍREN TŘINEC [2]	11
OBR. 3 NOVÝ SKLÁDKOVÝ JEŘÁB	12
OBR. 4 NEVYHOVUJÍCÍ JEŘÁB	12
OBR. 5 LŽÍCE DRAPÁKU	13
OBR. 6 ČÁST STŘEDNÍHO DÍLU MOSTNÍ OCELOVÉ KONSTRUKCE [3]	14
OBR. 7 PEVNÁ NOHA [3]	14
OBR. 8 KYVNÁ NOHA [3]	15
OBR. 9 PRACOVNÍ PROSTŘEDÍ JEŘÁBU	19
OBR. 10 ODMAŠŤOVACÍ PROSTŘEDEK AQUATEX AQ	23
OBR. 11 SCHÉMA TLAKOVÉHO TRYSKAČE	25
OBR. 12 ZÁKLADNÍ VYBAVENÍ TRYSKACÍHO ZAŘÍZENÍ [11]	26
OBR. 13 STŘÍKACÍ ZAŘÍZENÍ	29
OBR. 14 TLOUŠŤKA SUCHÉHO FILMU A MRTVÉ MOŽSTVÍ	37
OBR. 15 HŘEBENOVÁ MĚRKA	43
OBR. 16 PŘÍSTROJ NA MĚŘENÍ SUCHÉ TLOUŠŤKY FILMU	44
OBR. 17 KONTROLNÍ PLOCHA 1	46
OBR. 18 KONTROLNÍ PLOCHA 2	48
OBR. 19 KONTROLNÍ PLOCHA 3	50
OBR. 20 OTRYSKANÁ KYVNÁ NOHA	51
OBR. 21 STUPEŇ OTRYSKÁNÍ SA 2½ , DRSNOST BN10	51
OBR. 22 OTRYSKANÝ NOSNÍK 1	51
OBR. 23 STUPEŇ OTRYSKÁNÍ SA 2½ , DRSNOST BN10	51
OBR. 24 OTRYSKANÝ NOSNÍK 2	52
OBR. 25 STUPEŇ OTRYSKÁNÍ SA 2½ , DRSNOST BN10	52

## Seznam tabulek

TAB. 1 CHEMICKÉ SLOŽENÍ MATERIÁLU 235J2+N	16
TAB. 2 MECHANICKÉ VLASTNOSTI KONSTRUKČNÍ OCELI	16
TAB. 3 EKVIVALENT MATERIÁLU	16
TAB. 4 ZAJÍMAVOSTI SKLÁDKOVÉHO JEŘÁBU	17
TAB. 5 KLASIFIKACE KOROZNÍHO PROSTŘEDÍ	18
TAB. 6 OSTATNÍ KOROZNÍ PROSTŘEDÍ	19



TAB. 7 INFORMACE O AQUATEXU	23
TAB. 8 STUPNĚ ZAREZAVĚNÍ	27
TAB. 9 STUPNĚ OTRYSKÁNÍ	28
TAB. 10 ZÁKLADNÍ INFORMACE O NH HEMPADUR 17410	31
TAB. 11 ZÁKLADNÍ INFORMACE O HEMPADUR MASTIC 45880	32
TAB. 12 ZÁKLADNÍ INFORMACE O HEMPATHANE HS 55610	33
TAB. 13 PŘÍKLAD PRO APLIKACI 5 000 M <sup>2</sup> PLOCHY TŘÍVRSTVÉHO NÁTĚROVÉHO SYSTÉMU BEZ ŘEDĚNÍ	34
TAB. 14 APLIKAČNÍ ZTRÁTY	37
TAB. 15 VYPOČTENÉ VYDATNOSTI NÁTĚROVÝCH HMOT	40
TAB. 16 PODMÍNKY PŘI APLIKACI NÁTĚRŮ NA KYVNOU NOHU	42
TAB. 17 PODMÍNKY PŘI APLIKACI NÁTĚRŮ NA NOSNÍKY	42
TAB. 18 ORIENTAČNÍ KONTROLA MOKRÉ VRSTVY JEDNOTLIVÝCH NÁTĚRŮ	43
TAB. 19 NAMĚŘENÁ DFT ZÁKLADNÍHO NÁTĚRU NA KP 1	45
TAB. 20 NAMĚŘENÁ DFT MEZIVRSTVY NA KP 1	45
TAB. 21 NAMĚŘENÁ DFT VRCHNÍHO NÁTĚRU NA KP 1	46
TAB. 22 NAMĚŘENÁ DFT ZÁKLADNÍHO NÁTĚRU NA KP 2	46
TAB. 23 NAMĚŘENÁ DFT MEZIVRSTVY NA KP 2	47
TAB. 24 NAMĚŘENÁ DFT VRCHNÍHO NÁTĚRU NA KP 2	48
TAB. 25 NAMĚŘENÁ DFT ZÁKLADNÍHO NÁTĚRU NA KP 3	48
TAB. 26 NAMĚŘENÁ DFT MEZIVRSTVY NA KP 3	49
TAB. 27 NAMĚŘENÁ DFT VRCHNÍHO NÁTĚRU NA KP 3	49

## Seznam grafů

GRAF 1 NAVRŽENÝ NÁTĚROVÝ SYSTÉM	34
GRAF 2 STANDARDNÍ NÁTĚROVÝ SYSTÉM	34
GRAF 3 HEMPATHANE HS 55610	35
GRAF 4 STANDARDNÍ NÁTĚROVÁ HMOTA	35
GRAF 5 NAVRŽENÝ VNĚJŠÍ NÁTĚROVÝ SYSTÉM S MINIMÁLNÍ PŘEDEPSANOU DFT	36
GRAF 6 NAVRŽENÝ VNĚJŠÍ NÁTĚROVÝ SYSTÉM JEŘÁBOVÉ KOČKY S MINIMÁLNÍ PŘEDEPSANOU DFT	36
GRAF 7 NAVRŽENÝ VNITŘNÍ NÁTĚROVÝ SYSTÉM S MINIMÁLNÍ PŘEDEPSANOU DFT	36
GRAF 8 SROVNÁNÍ VÝSLEDNÉ VYDATNOSTI	41
GRAF 9 SROVNÁNÍ VÝSLEDNÉ SPOTŘEBY	41
GRAF 10 SROVNÁNÍ VÝSLEDNÝCH NÁKLADŮ	41
GRAF 11 NAMĚŘENÁ TLOUŠŤKA SUCHÉHO FILMU BARVY HEMPADUR 17410 NA KP 1	52
GRAF 12 NAMĚŘENÁ TLOUŠŤKA SUCHÉHO FILMU BARVY HEMPADUR MASTIC 45880 NA KP 1	53
GRAF 13 NAMĚŘENÁ TLOUŠŤKA SUCHÉHO FILMU BARVY HEMPATHANE HS 55610 NA KP 1	53
GRAF 14 NAMĚŘENÁ TLOUŠŤKA SUCHÉHO FILMU BARVY HEMPADUR 17410 NA KP 2	54

GRAF 15 NAMĚŘENÁ TLOUŠŤKA SUCHÉHO FILMU BARVY HEMPADUR MASTIC 45880 NA KP 2	54
GRAF 16 NAMĚŘENÁ TLOUŠŤKA SUCHÉHO FILMU BARVY HEMPATANE HS 55610 NA KP 2	55
GRAF 17 NAMĚŘENÁ TLOUŠŤKA SUCHÉHO FILMU BARVY HEMPADUR 17410 NA KP 3	55
GRAF 18 NAMĚŘENÁ TLOUŠŤKA SUCHÉHO FILMU BARVY HEMPADUR MASTIC 45880 NA KP 3	56
GRAF 19 NAMĚŘENÁ TLOUŠŤKA SUCHÉHO FILMU BARVY HEMPATANE HS 55610 NA KP 3	56